



Grønt teknologisk fremsyn om miljøvenligt landbrug

Borch, K.; Christensen, S.; Jørgensen, U.; Kristensen, E.S.; Mathiasen, T.; Gissel Nielsen, G.; Pedersen, S.M.

Publication date:
2005

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Borch, K., Christensen, S., Jørgensen, U., Kristensen, E. S., Mathiasen, T., Gissel Nielsen, G., & Pedersen, S. M. (2005). *Grønt teknologisk fremsyn om miljøvenligt landbrug*. Risø National Laboratory. Denmark. Forskningscenter Risø. Risø-R No. 1493(DA)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

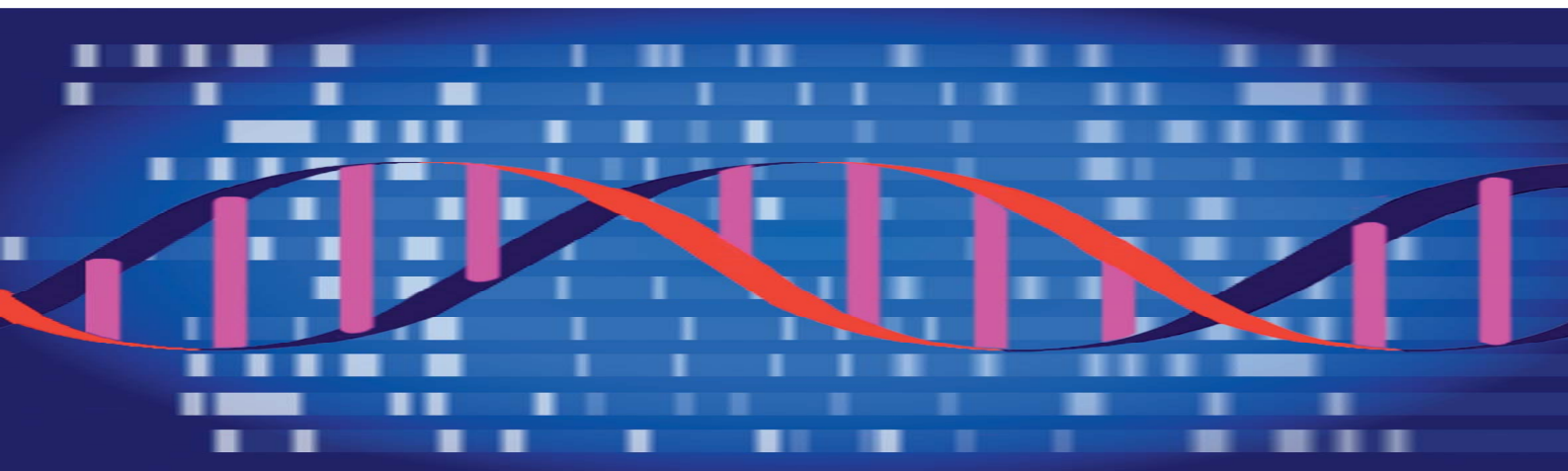
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Grønt teknologisk fremsyn om miljøvenligt landbrug



Forskningscenter Risø
Roskilde
Danmark
December 2004



Forfatter:

Kristian Borch¹, Svend Christensen², Uffe Jørgensen², Erik Steen Kristensen³, Thomas Mathiasen⁴, Gunnar Gissel Nielsen¹, Søren Marcus Pedersen⁵.

1) Forskningscenter Risø, 2) Danmarks Jordbrugsforskning, 3) Forskningscenter for Økologisk Jordbrug, 4) TM-Innovation, 5) Fødevarøkonomisk Institut

Resume:

På vegne af Skov- og Naturstyrelsen har Risø og samarbejdspartnere gennemført et teknologisk fremsyn om miljøvenligt landbrug.

Et teknologisk fremsyn er en systematisk dialog om, hvordan man forbereder sig på fremtidige udfordringer, som ikke har manifesteret sig endnu. Fremsynet gør, at beslutningstagerne i de kortsigtede beslutningsprocesser bliver mere bevidste om de udfordringer og muligheder, der findes på længere sigt.

I dette tilfælde er fremsynet gennemført i dialog med et bredt sammensat panel af eksperter og landbrugets aktører, hvor man har stillet de miljømæssige udfordringer for fremtidens landbrug over for de teknologiske muligheder. Blandt deltagerne var økologiske og konventionelle landmænd, repræsentanter fra industri, myndigheder og forskningsinstitutioner samt Landbrugsraadet, Danmarks Naturfredningsforening og FDB.

Formålet har været at granske navnlig de miljømæssige udfordringer, landbruget vil stå overfor i fremtiden – og derudfra pege på miljøvenlige teknologiske og strukturelle løsninger til, hvordan Landbruget kommer fra 2004 til 2024 med dialog og omtanke. Fokus i forhold til de miljømæssige udfordringer har især været rettet mod kvaliteten af vand, luft og jord samt det landskabsæstetiske. Derimod har naturbeskyttelsen – i denne sammenhæng - haft mindre fokus.

Risø-R-1493(DA)
December 2004

ISSN 0106-2840
ISBN 87-550-3396-2

Kontrakt nr.: MST jr. nr. 1226-0168

Gruppens reg. nr.: 1220050

Sponsorship:
Skov- og Naturstyrelsen

Forside :
Grafik: Leif Sønderberg Petersen

Sider: 57
Tabeller:
Referencer: 59

Forskningscenter Risø
Afdelingen for Informationsservice
Postboks 49
DK-4000 Roskilde
Danmark
Telefon +45 46774004
bibl@risoe.dk
Fax +45 46774013
www.risoe.dk

Forord	4
Resume	5
Abstract in English	7
1 Indledning og baggrund	10
1.1 Grønt Teknologisk Fremsyn om Miljøvenligt Landbrug	10
1.2 Teknologisk udvikling set i to perspektiver	12
1.3 Landbrugets forventede strukturudvikling	13
1.4 Miljøhandlingsplaner	14
2 Miljømæssige udfordringer	19
2.1 Nedbringe landbrugets udledning af drivhusgasser	19
2.2 Nedbringe brugen af pesticider	19
2.3 Sikre jordens frugtbarhed	20
2.4 Sikre landskabelige og naturmæssige værdier herunder biologisk mangfoldighed	21
2.5 Minimere tabet af næringsstoffer fra landbruget (N & P)	22
2.6 Minimere lugtgener fra husdyrproduktion	22
3 Beskrivelse af væsentlige miljøvenlige teknologier og deres anvendelse	24
3.1 Plantegentechnologi	24
3.2 Informations- og kommunikationsteknologi (IKT)	26
3.3 Husdyrgødningsteknologi	28
3.4 Biomasseteknologi	30
3.5 Dyrknings- og Jordbearbejdningsteknologi	33
3.6 GPS – præcisionslandbrug	34
3.7 Automatisering	36
3.8 Staldsystemer	37
4 Fremme miljøvenlig teknologi med fokus på produkterne	40
5 Sammenfatning	43
5.1 Mere end miljøvenlig teknologi	43
5.2 Den brede dialog om teknologiernes anvendelse	43
5.3 Fremtidens landbrug	43
5.4 Potentielle miljøvenlige teknologier	45
5.5 Roadmaps for at imødekomme de miljømæssige udfordringer	48
Appendiks 1: Fremsynets design og organisering	51
Appendiks 2: Udvalgte nøgletal for Landbruget	54

Forord

Denne rapport er det foreløbige resultat af Skov- og Naturstyrelsens Grønne Teknologiske Fremsyn om Miljøvenligt Landbrug. Fremsynet er en opfølgning på det første Grønne Teknologiske Fremsyn udarbejdet af Videnskabsministeriet og afleveret i maj 2003. Et af de områder, som blev udpeget som genstand for nærmere analyse (detailfremsyn) i opfølgningen, er Miljøvenligt Landbrug. En arbejdsgruppe anført af Risø har forestået det faglige arbejde, i tæt samarbejde med et til lejligheden sammensat aktørpanel. Aktørpanelets rolle har været at fokusere og inspirere arbejdsgruppens arbejde, og sikre at de væsentligste perspektiver blev repræsenteret i det teknologiske fremsyn. Samtidig er en række eksperter blevet konsulteret på områder, som aktørpanelet har fundet væsentlige, men hvor arbejdsgruppens faglige sammensætning har været utilstrækkelig. Selve indholdet i rapporten er udvalgt og skrevet sammen af arbejdsgruppen, og reflekterer i sagens natur ikke alle de holdninger, der er kommet til udtryk i de workshops, der er blevet afholdt med aktørpanelet. Arbejdet er blevet overvåget af en styregruppe bestående af embedsmænd fra Miljøstyrelsen, Skov- og Naturstyrelsen og Direktoratet for Fødevareherv.

Nærværende aflevering fra det Grønne Teknologiske Fremsyn om Miljøvenligt Landbrug er ikke en videnskabelig udredning. Derimod er det en syntetisering af mulige fremtider for dansk landbrug med fokus på anvendelsen af miljøvenlige teknologier, med henvisning til nylige nationale og internationale analyser om presserende miljøproblemer og kommende miljøvenlige teknologier.

Arbejdsgruppen ønsker herved at udtrykke stor tak til aktørpanelet, der har udvist stor vilje til at føre en konstruktiv dialog trods interesse og meningsforskelle.

Aktørpanelet bestod af følgende personer:

Alex Dubgaard, Anette Toft, Birgir Norddahl, Finn Arler, Henrik Høegh, Jens Erik Ørum, Jesper Rasmussen, Johannes Nebel, Jørn Dalgaard Mikkelsen, Kjeld V. Nielsen, Lis Thodberg, Lise Christiansen Walbom, Lone Frank, Martin H. Jørgensen, Niels Langkilde, Ole Linnet Juul, Steen Gyldenkerne, Søren K. Rasmussen, Thomas Bak og Thomas Færgemann.

Vi vil også udtrykke stor tak til de eksperter, der har bistået med faglig ekspertise på specifikke områder: Per Schjønning og Bent T. Christensen, DJF i afsnittet om jordens frugtbarhed. Steen Gyldenkerne, DMU, i afsnittet om landbrugets udledning af drivhusgasser samt tab af næringsstoffer. Alf Aagaard, MST, i afsnittet om begrænsning af pesticider og andre miljøfremmede stoffer og Jesper Fredshavn, DMU, i afsnittet om landskabelige og naturmæssige værdier og biologisk mangfoldighed, Lis Thodberg, Solum gruppen, i afsnittet om fremme af miljøvenlige teknologier. Desuden har Tove Christensen, Jens Erik Ørum og Morten Gylling, FØI, samt Bruno Sander Nielsen, Landbrugsrådet, bidraget med faglige kommentarer til flere afsnit i rapporten.

Endelig skal der lyde en tak til faglig sekretær Anya Vinstrup som har løst opgaven med stor entusiasme og dygtighed.

Resume

På vegne af Skov- og Naturstyrelsen har Risø og samarbejdspartnere gennemført et teknologisk fremsyn om miljøvenligt landbrug.

Et teknologisk fremsyn er en systematisk dialog om, hvordan man forbereder sig på fremtidige udfordringer, som ikke har manifesteret sig endnu. Fremsynet gør, at beslutningstagerne i de kortsigtede beslutningsprocesser bliver mere bevidste om de udfordringer og muligheder, der findes på længere sigt.

I dette tilfælde er fremsynet gennemført i dialog med et bredt sammensat panel af eksperter og landbrugets aktører, hvor man har stillet de miljømæssige udfordringer for fremtidens landbrug over for de teknologiske muligheder. Blandt deltagerne var økologiske og konventionelle landmænd, repræsentanter fra industri, myndigheder og forskningsinstitutioner samt Landbrugsraadet, Danmarks Naturfredningsforening og FDB.

Formålet har været at granske navnlig de miljømæssige udfordringer, landbruget vil stå overfor i fremtiden – og derudfra pege på miljøvenlige teknologiske og strukturelle løsninger til, hvordan Landbruget kommer fra 2004 til 2024 med dialog og omtanke. Fokus i forhold til de miljømæssige udfordringer har især været rettet mod kvaliteten af vand, luft og jord samt det landskabsæstetiske. Derimod har naturbeskyttelsen – i denne sammenhæng - haft mindre fokus.

Fremtidens landbrug har en tredobbelt bundlinie

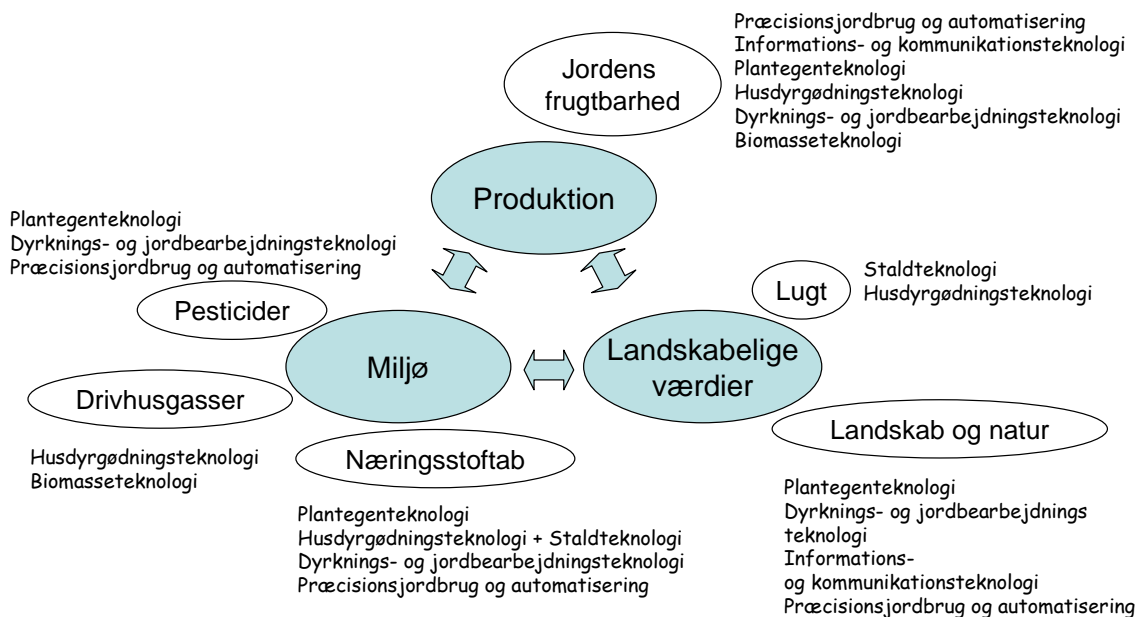
Konklusionen på fremsynet er, at fremtidens landbrug – hvad enten det er intensivt (industri-orienteret) eller ekstensivt (økologi-orienteret) - må være helhedsorienteret. Og det vil være baseret på viden og samarbejde mellem landbrug, forskningsinstitutioner og myndigheder, så der kan skabes en dynamisk og langsigtet landbrugspolitik, der integrerer hensynene til omgivelserne.

Når fremtidens miljøvenlige landbrugsteknologier skal vurderes og udvælges, så vil det ske i forhold til deres bidrag på tre områder, hvor driftsøkonomiske planer, grønne regnskaber og naturplaner indgår på lige fod.

Det kaldes ”Landbrugets tredobbelte bundlinie” (se figur). De tre bundlinier er:

- **Produktion:** Erhvervet skal kunne opretholde en lønsom og sund plante- og dyreproduktion. Dette opnås ved at lægge vægt på teknologier, der sikrer jordens frugtbarhed, giver driftsøkonomiske fordele, sikrer en forbedret kvalitet af føde og foder, og omfatter energiafgrøder og andre non-food afgrøder
- **Miljø:** Landbrugets aktiviteter skal kunne udføres uden negative konsekvenser for de omgivende fysiske rammer, herunder arealer, vand og luft, der kan påvirkes af spild fra landbrugsproduktionen
- **Landskabelige og naturmæssige værdier:** Landbruget skal være med til at forvalte og skabe smukke landskaber, alsidig natur med flere levesteder af høj værdi for det vilde plante- og dyreliv, rent drikkevand og rekreative værdier

Landbrugets tredobbelte bundlinie



Figur: Landbrugets tredobbelte bundlinie. Figuren viser, hvordan tre bundlinier – biologisk produktion, miljø samt landskabelige og naturmæssige værdier – indgår som en helhed, når fremtidens miljøvenlige teknologier i landbruget skal udvælges.

Potentielle miljøvenlige teknologier i fremtiden

Ifølge fremsynet vil fremtidens landbrug basere sig på følgende miljøvenlige teknologier, når der skal skabes "overskud" på alle tre bundlinier:

- **Plantegenteologi** er kontroversiel, men kan ved en velovervejede anvendelse give en øget og miljøvenlig produktion og bidrage til landskabelige og naturmæssige værdier.
- **Informations- og kommunikationsteknologi (IKT)** omfatter biosensorer, robotter og indlejrede beslutningsstøttesystemer i miljøvenlige produktionsteknologier.
- **Husdyrgødningsteknologi** omfatter viden og teknik til håndteringen af næringsstoffer i husdyrgødning fra stald til planter med henblik på at reducere tab af næringsstoffer til miljøet.
- **Biomasseteknologi** handler om at forbedre og udvikle teknologier, der effektivt og billigt kan omdanne biomasse til energi og produkter af høj værdi.
- **Dyrkning og jordbearbejdning** er metoder der intelligently udnytter biologisk og jordbrugsfaglig viden kan være en effektiv strategi til minimering af miljøpåvirkningen fra landbruget. Det kan sammenfattes i begrebet "**godt landmandskab**" baseret på ekspertsystemer og IKT.
- **Præcisionsjordbrug** udnytter GPS, GIS, sensorer og robotter til at variere og evt. undlade brugen af hjælpestoffer ud fra viden om varierende dyrkningsforhold eller særlig miljøfølsomme områder.
- **Nye staldsystemer** med fokus på lav emission af lugt og ammoniak ved hjælp af indretning, materialer, fodring, ventilation og kemiske eller biologiske absorption af lugtstoffer og ammoniak.

Flere typer landbrug

De nye teknologier vil kunne mindske miljøpåvirkningen inden for forskellige typer landbrug. Men der kan være forskel på, hvordan teknologierne udnyttes.

Der forudses to spor for landbrugsproduktion, der gensidigt vil udfordre hinanden i fremtiden:

I det *industrielt orienterede landbrug* er der tale om intensiv kommerciel virksomhed, hvor teknologier først og fremmest anvendes med henblik på produktivitet, afkast og effektive miljøløsninger.

I det *økologisk orienterede landbrug* vurderes teknologierne i forhold til tre centrale principper; forsigtigheds-, recirkulerings- og nærhedsprincippet.

Miljøvenlige teknologier – også uden for landbruget

Miljøvenlige teknologier alene kan ikke sikre et bæredygtigt landbrug i fremtiden. Der er ifølge fremsynet også brug for uddannelse og koncepter, der kan fremme miljøvenlige teknologier i fødevareproduktionen. Landbrugsproduktionen udgør trods alt kun de første led i kæden fra jord til bord. I den sammenhæng får detailedet en vigtig rolle med at kommunikerer forbrugernes præferencer, tilbage i produktionskæden.

Den videre proces

Landbruget kan komme fra 2004 til 2024 med eller uden dialog, det kan ske planløst eller med omtanke. Fremsynet forsøger at skabe baggrunden for en dialog, men det er op til Landbruget selv og dets aktører at sikre dialogen (politikere, myndigheder, industrien etc.), og at prioritere indsatserne for at opnå et miljøvenligt landbrug i fremtiden.

Abstract in English

Risø and the co-operators have on behalf of the Forest and Nature Agency completed a technological foresight on environmentally friendly agriculture based on green technologies.

A technological foresight is a systematic dialogue on how one prepares for future challenges, which have not yet manifested. The foresight makes the decision-makers more aware of those challenges and possibilities that exist in the long-term.

The foresight is in this case carried out in dialogue with a widely combined panel of experts and agricultural players, where one has placed the environmental challenges of the future's agriculture to the test of technological possibilities. Amongst the participants were ecological and conventional farmers, representatives from industry, authorities and research institutions as well as from the Agricultural Council of Denmark, the Danish Conservation for the Protection of Nature, and The Co-operative Retail and Wholesale Society of Denmark.

The purpose has been to thoroughly examine those environmental challenges which agriculture is up against in the future - and point towards technological and structural solutions as to how agriculture will develop from 2004 to 2024 with dialogue and consideration. Focus in relation to the environmental challenges has especially been directed towards the quality of water, air and soil as well as the aesthetical landscape. On the other hand, the protection of nature has, in this case, had less focus.

The Future's Agriculture has a Triple Bottom Line

The conclusion of the foresight is that the future's agriculture, whether it is intensive (industry-based) or extensive (organic-based), has to be holistic, and it will be based on knowledge and co-operation between agriculture, research institutions and authorities, so that a dynamic and long-term agricultural policy can be created, which will integrate consideration for the environment.

When the technologies of the future environmentally benign agriculture are assessed and selected, it will take place in relation to their contribution to three areas where the operational economy plans, green accounts and plans for nature management are included on equal terms. This is known as "The Agricultural Triple Bottom Line" (see Figure).

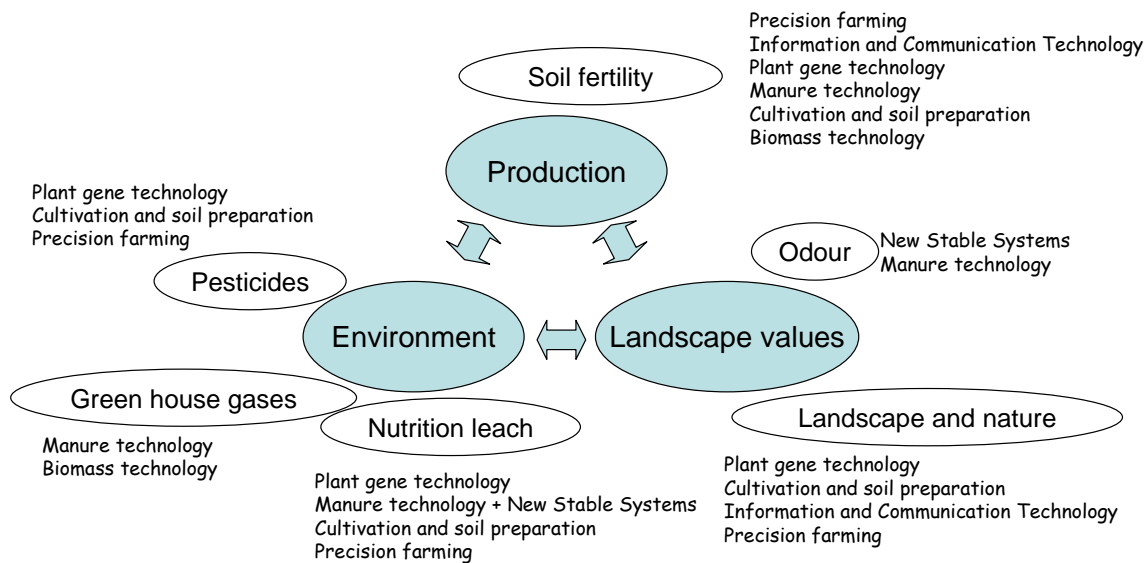


Figure: The Agricultural Triple Bottom Line. The figure demonstrates how the three bottom lines – production, environment, and landscape and nature values – constitute a unity when green technologies are selected for future agricultural systems

The three bottom lines are:

- **Production:** The industry must be able to maintain a profitable and healthy plant and animal production. This is achieved by placing weight on technologies that ensure the soil's fertility, give operational economical advantages, ensure an improved quality of nutrition and feedstuff, and include energy crops and non-food crops.
- **Environment:** The agriculture's activities must be able to be carried out without negative consequences for the environmental physical frames, including space, water and air that can be influenced by wastage from agricultural production.
- **Landscape and Nature-Related Values:** Agriculture needs to be part of managing and creating beautiful landscapes, a versatile nature with many high quality habitats for wild flowers and animals, clean drinking water and recreational values.

Potential and Emerging Green Technologies

According to the foresight exercise, future agricultural systems will be based on the following technologies that have the potential to create a balance on the three bottom lines:

- **Plant Gene Technology** is controversial, but a well-considered application can result in increased and environmental benign production as well as preserve landscape and nature values.
- **Information and Communication Technology (ICT)** includes biosensors, robots and decision support systems.
- **Manure Technologies** include knowledge and techniques to handle manure as fertilizer from stable to plants aiming at reduced leaching to the environment.
- **Biomass Technology** consists of technologies that can effectively and cheaply convert biomass to energy and material of high quality.
- **Cultivation and soil preparation** is intelligent utilisation of biological and agricultural knowledge is an effective strategy to minimise environmental impact from agriculture. In short, "**good agricultural practice**" based on expert systems and ICT.
- **Precision Farming** uses GPS, GIS, sensors and robots to precisely adjust and eventually avoid the use of fertilizer, pesticides, etc., based on knowledge about variations in conditions of cultivation or environmental fragile areas.

- **New Stable Systems** focusing on low emission of odour and ammonium by means of stable design, new surface materials, feeding, ventilation, and chemical or biological absorption of odour and ammonium.

More Types of Agriculture

Different agricultural concepts will utilise the technologies differently. Two tracks of agricultural concepts will mutually challenge one another in the future:

In the *industrial-based agriculture*, we speak about intensive commercial enterprise, where technologies first and foremost are utilised with a view to production yield and effective environmental solutions. In the *organic-based agriculture*, the technologies are assessed in proportion to three central principles; precaution, re-circulation and subsidiarity.

Green Technologies – Also Outside Agriculture

Green technologies do not alone make environment sustainable. According to this foresight, education and concepts are needed to promote green technologies in the food industry. After all, agricultural production is just the first link in the food production chain. At the other end of this chain, retail and wholesale will have an important role in communicating consumer preferences down stream.

The Continuing Process

Agriculture can move from 2004 to 2024 with or without dialogue; with or without thoughtful planning. Foresight creates a platform for a dialogue. However, it is the stakeholders in agriculture and the food production industry who should pre-engage in dialogue with politicians and the rest of the society, in order to prioritise the efforts that can achieve an environmental benign agriculture for the future.

1 Indledning og baggrund

Efter mere end 20 års indsats befinder miljøpolitikken sig i dag i en moden fase. Miljøproblemerne er erkendt bredt i samfundet i de højtudviklede økonomier, nu gælder det om at finde effektive veje til at sikre den langsigtede, globale omstilling til mere bæredygtige produktions- og forbrugsformer. Dette er blandt andet en stor teknologisk udfordring og som påpeget i ”Grønt teknologisk fremsyn – fase 1”, spiller et mere miljøvenligt landbrug en betydende rolle i denne sammenhæng.

Det Grønne Teknologiske Fremsyn om Miljøvenligt Landbrug skal bidrage til en mere sammenhængende miljø- og innovationsindsats. En stigende erkendelse af miljøproblemerne kompleksitet betyder et øget fokus på at finde løsninger på tværs af ministerierne og de teknologiske systemer. EU's Lissabon strategi, EU's kommende miljøteknologiske handlingsplan og den seneste danske Grøn Markedsøkonomi rapport er eksempler på en stærkere sammentænkning af den miljø- og innovationspolitiske indsats.

Teknologisk Fremsyn (TF) kan her være et virkemiddel, der kan bidrage til at koble de fremadrettede tendenser i innovationsprocesserne med væsentlige miljøproblemer. Herved muliggøres udviklingen af mere langsigtede strategier, der kan bidrage til en effektiv fokusering af de sparsomme ressourcer, samtidig med at landbruget sikres en bæredygtighed udvikling.

Innovation og teknologisk udvikling inden for landbrug er af stor samfundsmæssig betydning, da det er med til at sikre grundlaget for værdiskabelse og arbejdspladser i tilstødende erhverv og den øvrige fødevarersektor.

Formålet med det Grønne Teknologiske Fremsyn om Miljøvenligt Landbrug er at granske de miljømæssige udfordringer og foreslå teknologiske og strukturelle løsninger, der kan imødekomme disse udfordringer.

De primære målgrupper for fremsynet er dansk landbrug, det offentlige forsknings- og udviklings-system samt miljø- og fødevarermyndighederne. Med dansk landbrug menes de primærproducenter, der ved planteavl eller dyrehold er med til at producere landbrugsafgrøder i Danmark. Og målet for fremtidsscenerierne er produktionen af det til enhver tid samfundsøkonomiske optimale niveau. Der er fokus på potentielle teknologier relevante indenfor landbruget, også i et globalt perspektiv, da Danmark som vidensland, og eksport af know-how, antageligt vil spille en stor rolle også i fremtiden.

1.1 Grønt Teknologisk Fremsyn om Miljøvenligt Landbrug

Teknologisk Fremsyn er den brede øvelse med det formål at formulere og diskutere langsigtede perspektiver og prioriteringer inden for langsigtet forskning og udvikling. Koblingen mellem nye teknologiske muligheder og generelle samfundsbehov er her centralt. Teknologisk Fremsyn er i sine metoder ekspertorienteret, idet hovedparten af aktører, der inddrages i processerne f.eks. som respondenter på spørgeskemaer eller i ekspertpaneler og workshops, er forskellige typer af eksperter indenfor et mere eller mindre bredt defineret teknologiområde.

TF bygger på en kombinationen af forskellige typer af metoder og aktivitetsformer. Man kan sige, at det er en værktøjskasse, hvor de enkelte værktøjer kan kombineres på forskellig måde afhængig af situationen. Udfordringen er at anvende netop det sæt værktøjer, der passer til situationen. Risø har udarbejdet et dokument med titlen ”Grundlæggende teknologiske fremsynsmetoder”, som kan findes på Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling's hjemmeside: www.teknologiskfremsyn.dk. Dokumentet giver en introduktion til forskellige TF-metoder, erfaringer med disse metoder, herunder også deres styrker og svagheder samt hvordan resultaterne kommunikeres (se også appendiks 1).

Det Grønne Teknologiske Fremsyn om Miljøvenligt Landbrug arbejder med et tidsperspektiv på 20 år. For at få en konstruktiv dialog har det fra starten været vigtigt at have nogle fælles billeder af Dansk Landbrug år 2024, som deltagerne i det teknologiske fremsyn har kunnet referer til (se figur).

Landbrugets struktur i fremtiden – der er flere muligheder

Landbruget kan blive enten mere intensivt eller mere ekstensivt. Det kan ske regionaliseret, således at det på landet bliver ekstensivt og i byen intensivt. Der kan forudses to spor: ren produktion med fokus på produktion og multifunktionelle bedrifter. Landbruget kan komme fra 2004 til 2024 med eller uden dialog. Det kan ske planløst eller med omtanke. Fremsynet forsøger at skabe baggrunden for en dialog.



Produktion og besiddelser koncentreret i få selskaber / ejere

Der sker en øget koncentration af

produktionen, således at 10 % af bedrifterne producerer 90 % af produktionen. 90 % af brugene vil være A/S eller I/S, og der vil ikke være mere end 5000 fuldtidsbedrifter.



Højt videnindhold i produkter med høj værditilvækst

Højt forædlede

planteafgrøder der fortrænger husdyr produktionen. Der vil komme nye produkter som anvendes til medicin eller energi. Danmark vil have stor system eksport af viden om at producere fødevarer af høj kvalitet.



Landmanden som naturpark forvalter

Miljø bliver vigtigere end landbrugsproduktion. Der bliver 0-tolerance over

for lugt og miljøpåvirkninger. Der opstår en ny ”hygge landbo-kultur”, præget hovedsageligt af deltidslandbrug. Landmanden bliver en kustode som forvalter samfundets landskab.



Forbrugeren sætter dagsordenen

Smag, discount, convenience, produkter med historie og mere økologi

bliver alt sammen krav fra fremtidens forbruger. Der bliver en mindsket kobling til landbruget fra forbrugeren – men ikke mindsket indflydelse fra forbrugeren.



Hands-off produktion

Robotter vil blive udbredte, eksempelvis til

højværdiafgrøder. Den øgede automatisering vil billiggøre produktionen og muliggøre en reduceret

miljøpåvirkning. Eksempelvis gennem microspray robotter. Også genmodificerede fødevarer og funky-food vil blive udbredt.



Global tilpasning eller protektionisme

Der kommer en kraftig konkurrence fra Østeuropa. Sammen med ændrede priser

på energi og faldende EU-støtte giver det en kraftig påvirkning. En del landbrugere flytter østpå for at tage konkurrencen op. Der bliver et globalt stigende kødforbrug og fødevarerefterspørgsel. Udfordringen bliver om landbruget skal blive markedsdrevet eller støttedrevet.



Langt flere økologiske landbrug i Danmark

Bæredygtighed og helhedsperspektiv bliver den drivende kraft for landbruget.

Produktkæder efterspørger langt flere økologiske varer.

1.2 Teknologisk udvikling set i to perspektiver

Valg og anvendelse af nye teknologier afhænger af personen eller grupper af personers opfattelse af natur og bæredygtig udvikling. Med bæredygtig udvikling mener vi at dansk landbrug skal være konkurrencedygtigt samtidig, med at fremtidige generationer kan dyrke jorden og nydenaturen. Der kan identificeres to grundlæggende forskellige opfattelser og derfor to (ofte meget) forskellige holdninger til, hvilke teknologier, der skal anvendes. I dette fremsyn har vi valgt at definere to yderpunkter som indgangsvinkel, velvidende at de fleste landbrug befinder sig et eller andet sted imellem:

Industrielt orienteret landbrug: Intensiv kommerciel virksomhed, hvor teknologier først og fremmest anvendes med henblik på afkast, effektiv produktion og effektive miljøløsninger.

Økologisk orienteret landbrug: Teknologierne vurderes i forhold til tre centrale principper; forsigtigheds-, recirkulerings- og nærhedsprincippet.

Valg og anvendelse af ny teknologi i relation til landbruget hænger nøje sammen med den bagvedliggende naturopfattelse, og hvilken forståelse der lægges i bæredygtig udvikling. Problemet er imidlertid, at "bæredygtighed" bruges i flere forskellige betydninger af forskellige grupper i landbruget. Her vil blive taget udgangspunkt argumentet, at der er to filosofisk forskellige forståelser af bæredygtighed¹. Fælles for de to opfattelser – og vel i princippet kernen i begrebet bæredygtighed – er, at de aktiviteter og teknologier, der anvendes, skal sikre levedygtige og produktive naturressourcer også på lang sigt:

- Ressourceregnskab (resource sufficiency)
- Funktionel integritet (functional integrity)

Ved bæredygtighed forstået som *ressourceregnskab* lægges vægt på ressourceforbrug og på en fødevareproduktion, hvor der først og fremmest fokuseres på forholdet mellem input og output i de systemer, der betragtes. Landbruget betragtes som en industri, hvor der først og fremmest fokuseres på produktion og effektivitet. En bæredygtig udvikling indebærer, at landbruget kan opfylde nuværende og fremtidige generationers behov for fødevarer, tekstiler, mv. De mest produktive systemer er derfor også de mest bæredygtige. Naturen opfattes som en ressource, der udelukkende har til formål at understøtte menneskets behov. Natur og menneske opfattes således adskilt. Denne opfattelse har været dominerende i udviklingen af det moderne konventionelle landbrug. I dag er det dog de færreste konventionelle landmænd, der deler denne opfattelse, derfor anvendes her betegnelsen *industrielt orienteret landbrug* som modpol til *økologi orienteret landbrug*, for at understrege, at det er produktion og effektivitet, der er i fokus.

I bæredygtighed som *funktionel integritet* ses landbruget som et komplekst system af værdier og økologiske relationer, og der lægges vægt på systemets skrøbelighed som følge af vores manglende viden om vekselvirkningerne mellem produktionsmetoder og økologisk og social beståen. Naturgrundlaget opfattes som en uadskillelig del af og forudsætning for samfundets bæredygtighed i funktionel integritet. Forsigtighed i omgangen med naturen og en accept af naturens grænser er således en værdifuld fremgangsmåde til at undgå negative følgevirkninger på kort og lang sigt.

Bæredygtighed som funktionel integritet er, med sit fokus på systemets sårbarhed og med erkendelsen af vores begrænsede viden, tæt knyttet til opfattelsen af mennesket som en integreret del af naturen. Denne opfattelse er meget udbredt i bl.a. den økologiske bevægelse, derfor anvendes her betegnelsen *økologi orienteret landbrug*, selvom opfattelsen også er udbredt i andre mere traditionelle landbrugssystemer, og at der i moderne økologisk landbrug i stor udstrækning også tænkes i ressourceeffektivitet².

1 Thompson, P.B. 1997. The varieties of sustainability in livestock farming. In: Sørensen, J.T. (ed) Livestock farming systems – More than food production. p.5-15. Proc. of the fourth international symposium on livestock farming systems. EAAP Publ. No. 89.

2 Alrøe, H. F. 1999. Økologisk jordbrug, natur og etik. FØJO rapport nr 3, side 9-15

1.3 Landbrugets forventede strukturudvikling

Udviklingen af fremtidige miljøteknologier skal fortsat tilpasses landbrugets fremtidige strukturudvikling som går i retning af færre men større landbrug. Drivkraften vil fortsat være bestemt af størrelsesøkonomiske fordele og specialisering. Med udgangspunkt i tal fra 2001 ses nedenfor en fremskrivning af strukturudviklingen i 2015 baseret på et udvalgsarbejde om forenkling af jordlovgivningen (Fødevareministeriet 2003)³. Dansk Landbrug har ligeledes udarbejdet en strukturfremskrivning til 2015 som viser et lignende resultat. Analysen inddrager konsekvenserne af EU's seneste midtvejsreform som blandt andet indbefatter en afkobling af hektarstøtten og en delvis afkobling af støtten til kvægsektoren. Produktionen af svin forventes ikke at blive påvirket væsentligt af EU's midtvejsreform. I fremskrivningen forventes svinebestanden at stige fra 12,6 mio. i 2001 til 13,2 mio. stk. i 2015, med en betydelig koncentration på færre bedrifter. Dette niveau blev imidlertid allerede opnået i 2002, og herefter er udviklingen stagneret som følge af lavere priser på svinekød. Malkekvgbestanden forventes at falde med ca. 2 pct. årligt. Besætningsstørrelsen på kvægbedrifterne forventes dog at stige til 140 køer fra en nuværende gennemsnitsstørrelse på 64 køer. Oksekødsproduktionen, som er relateret til mælkeproduktionen, skønnes at falde med 26 pct. som følge af en delvis afkobling af støtten og øget konkurrence fra blandt andet Sydamerika.

	2001	2015
Deltidsbrug, antal	29.800	19.505
Heltidsbrug, antal	23.689	12.881
Dyrket areal, ha	2.676	2.539
Dyrket areal pr. bedrift, heltidsbrug, ha	87	161
Antal besætninger med malkekøer	9.797	3.721
Antal besætninger med svinehold	12.936	3.260

Kilde: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2003): Forenklinger i jordlovgivningen, Betænkning fra udvalget vedrørende forenklinger i jordlovgivningen, betænkning nr. 1429.

Der vil også ske en ændring i afgrødevalget. Det forventes, at grovfoderarealet vil falde fra 450.000 ha i 2000 til 385.000 ha i 2015 som følge af højere produktivitet og ændret foderbehov. I stedet vil der på nogle af disse arealer ske en øget produktion af korn og frø til udsæd. Det er dog vanskeligt at forudsige den samlede kornproduktion i de kommende år. Dette afhænger af EU's midtvejsreform og afkoblingen af landbrugsstøttens indvirkning på de enkelte bedrifter. Landmænd som dyrker grovfoder vil fokusere yderligere på majs og græs, mens foderroerne udfases. Arealet med sukkerroer forventes bibeholdt, men dette kan dog ændres afhængig af den igangværende sukkerreform. Derimod forventes arealet med oliefrø, primært raps, at falde med 14.000 ha inden 2015 som følge af de reducerede hektartilskud. Endvidere må der forudses en øget marginalisering og ekstensivering – ikke mindst i ådale og på tørre sandede jorder – som følge af CAP⁴-reformens afkobling af en række tilskudsordninger, indførelse af cross compliance (krydsoverensstemmelse) og budgetmæssig opprioritering af landdistriktspolitikken.

Der er ikke foretaget specifikke analyser af strukturudviklingen blandt de økologiske bedrifter, men udviklingen skønnes i hovedtræk at følge tendenserne for konventionelle bedrifter. Omlægningen til økologisk mælkeproduktion er stagneret de senere år, som følge af et mættet marked, og det må forventes, at der sker en udskilning blandt de høj- og lavproduktive økologiske malkeproducenter i de kommende år. Det skønnes således, at op imod 200 bedrifter årligt vil afvikle produktionen⁵.

Generelt vil flere landbrugsarealer formentlig blive ekstensiveret eller tages ud af drift bl.a. som følge af EU reformen, EU-natur- og miljødirektiver (f.eks. Vandrammedirektivet og Natura 2000-direktiverne) og

3 Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2003): Forenklinger i jordlovgivningen, Betænkning fra udvalget vedrørende forenklinger i jordlovgivningen, betænkning nr. 1429.

4 Common Agricultural Policy

5 Kledal (2003): Den økologiske driftsforms placering i dansk landbrug, SJFI rapport nr. 124 s 19-32. Kledal (2004): Nedgangen i økobrug set i forhold til overskudsproduktionen af økomælk og den generelle strukturudvikling., januar 2004, arbejdsnotat.6 Danmarks Statistik (2003): Statistisk Tiårsoversigt 2003.

ationale handlingsplaner og strategier (f.eks. Vandmiljøplan III, Pesticidhandlingsplanen og Handlingsplan for biologisk mangfoldighed og naturbeskyttelse). De seneste harmoniregler vil samtidig skærpe loftet for udbringning af husdyrgødning og hæve harmoniarealet. I de kommende år vil der fortsat ske en øget effektivisering og specialisering på større bedrifter, og her vil krav om opbevaring af husdyrgødning mv. og udbringningsregler kræve øgede miljøinvesteringer på de enkelte bedrifter.

1.4 Miljøhandlingsplaner

Drivhusgasser

Kyoto-protokollen sætter de internationale rammer for udslippet af drivhusgasser. Med aftalen har Danmark forpligtet sig til at reducere CO₂-udslippet med 21 pct. i forhold til basisåret 1990. Danmark har foreløbig reduceret CO₂-udslippet med ca. 14 pct. fra 1991-2001⁶, hvor landbrugets bidrag til CO₂ regnskabet primært er gennem lattergas og metan som omregnet til CO₂ ækvivalenter udgør en betydelig andel. Således svarer landbrugets bidrag til CO₂-udslip fra metan og lattergas til ca. 18 % af den samlede udledning⁷.

De senere års biomasseplaner og vedvarende energiplaner har ikke levet op til de hidtidige målsætninger for anvendelse af energiafgrøder og biomasse fra landbruget. Anvendelsen af halm på kraftvarmeanlæggene stagnerede fra 1991-2001, mens kapaciteten på biogasanlæggene blev ca. tredoblet. Den senest reviderede energi 21 plan lægger op til en forøgelse af biogas fra 3 til 8 PJ og en forøgelse af halm til energi fra 13,7 til 23 PJ inden 2015. Samtidig skal andelen af energiafgrøder til vedvarende energi udgøre 5 PJ inden 2015. Foreløbig er produktionen af energiafgrøder dog meget begrænset^{8 9}.

Atmosfærisk deposition af kvælstof

Den atmosfærisk deposition af kvælstof varierer på landarealer typisk mellem 10 og 25 kg N/ha pr. år med de største bidrag i områder med stort husdyrhold og megen nedbør. De vigtigste forureningskilder er kvælstofoxider dannet ved forbrændingsprocesser og ammoniakfordampning fra husdyrgødning. Det er vurderet, at der i perioden 1989- 2002 er sket et fald på ca. 17 % i den samlede atmosfæriske deposition af kvælstofforbindelser fra atmosfæren til de danske farvandsområder.

Landbrugets ammoniakemission opgøres af DMU og viser et samlet fald fra 109.349 tons i 1990 til 80.801 tons i 2002 (målt som NH₃-N). Danmark har ratificeret Gøteborg-protokollen vedrørende langtransporterede forurende stoffer og forpligtiget sig til at reducere emissionen til 56.800 tons NH₃-N i 2010 fra husdyrgødning, handelsgødning, slam og halmafbrænding. Emissionen fra afgrøder indgår ikke i emissionsloftet fordi det ikke kan reguleres, ligesom der er betydelig usikkerhed omkring størrelsen. DMUs fremskrivning i 2002¹⁰ viser at loftet sandsynligvis overskrides, men i denne vurdering er ikke inddraget de omfattende investeringer i ny teknologi som der sker i øjeblikket og som vil ske i fremtiden.

Teknologianvendelsen forventes at få stor betydning for den samlede emission i 2010, hvorfor vurderingen skal ses som meget konservativ.

Kvælstofudvaskning og atmosfærisk deposition

DMU og DJF m.fl. har evalueret Vandmiljøplan II¹¹ (VMP II) og her fremgår det, at den har medvirket til en reduktion af kvælstofudvaskningen med ca. 100.000 tons indenfor de seneste 10 år. Dette resultat er meget tæt på den oprindelige målsætning. Årsagen til denne reduktion er nedgang i handelsgødningsforbruget, forbedret udnyttelse af husdyrgødningen samt visse arealtiltag. Det ser også ud til at der er en positiv effekt på grundvandet, da der kan spores en nedgang i nitratholdet i de øverste og senest dannede lag. Med vandmiljøplan III er det målet at reducere kvælstofudvaskningen med yderligere 21.150 tons i de kommende 15 år. I den forbindelse forventes størsteparten af reduktionen at ske gennem strukturændringer, herunder udtagning af arealer og EU-reformen, mens 4,5 til 5 pct. point skønnes at ske gennem en generel skærpelse

7 Olesen, J.E. et. al. (2001): Emission af drivhusgasser fra dansk landbrug, DJF-rapport nr. 47. 1990 og 1999 tal.

8 Gylling et al (2001): Langsigtede biomasseressourcer til energiformål, Fødevareøkonomisk Institut, rapport nr. 125

9 Energistyrelsen (1999): Energi 21, grunddata for OE21 (upubliceret)

10 Illerup et al, 2002, Projection models 2010. Danish emissions of SO₂, NO_x NMVOC and NH₃. NERI technical Report No. 414, Danmarks Miljøundersøgelser 192 s.

11 www.vmp3.dk

af kravene til udnyttelse af kvælstof i husdyrgødningen. Sidstnævnte forventes opfyldt gennem forskning og udvikling.

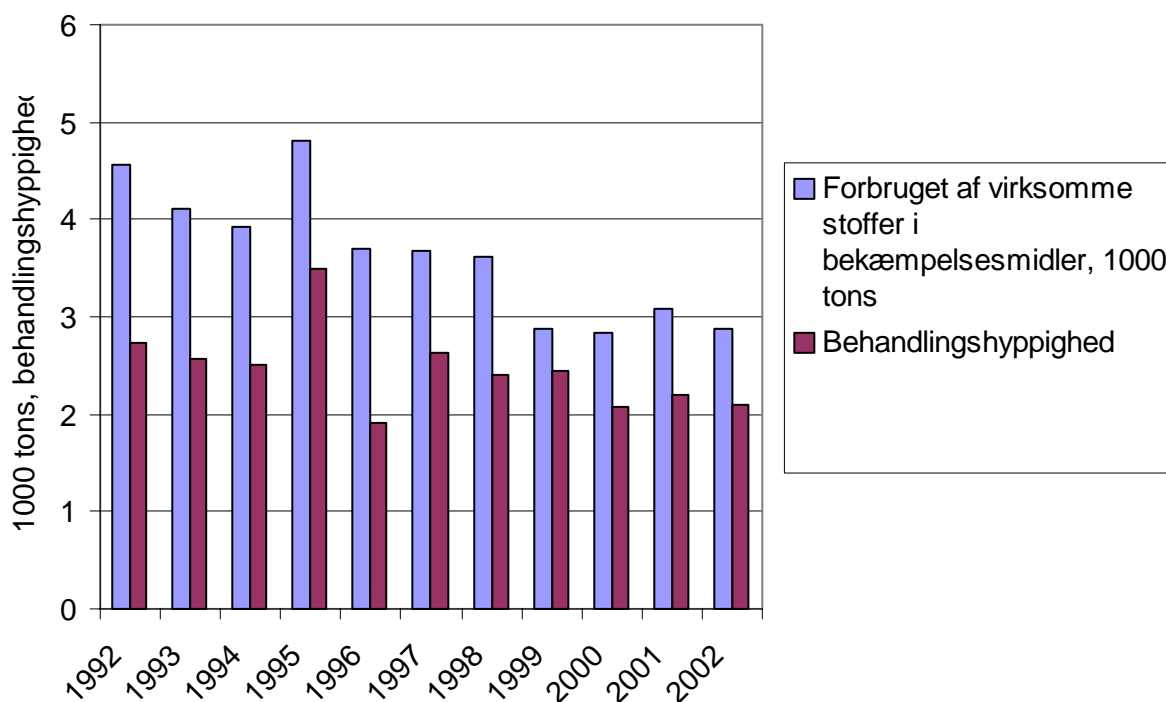
Reduktionen i emissionen fra husdyrgødning stammer primært fra en ændret udbringningspraksis som følge af strammere regler for udbringning samt en reduktion i antallet af kvæg. Samtidig er ammoniakemissionen fra svineproduktionen faldet som følge af store forbedringer i foderudnyttelsen hos slagtesvin.

Reduktion i emission fra afgrøderne skyldes for halvdelen vedkommende braklægningsordningen, som reducerer det gødskede areal. Stigningen i det økologisk drevne areal samt den generelle reduktion i landbrugsarealet, bidrager ligeledes til reduktionen.

Reduktionen i emissionen fra handelsgødning skyldes et lavere forbrug af handelsgødning i 90'erne. Samtidig er forbruget af flydende ammoniak er faldet forholdsvis mere.

Pesticider og andre miljøfremmede stoffer

I de senere år er der taget flere initiativer til reduktion af landbrugets miljøbelastning. I perioden 1991-2001 er forbruget af pesticider faldet med over 1.500 tons aktivstoffer på landsplan som følge af blandt andet frivillige aftaler og indførelse af afgifter. Behandlingsindekset for pesticider er samtidig faldet fra 2,73 til 2,10. Med den seneste pesticidhandlingsplan er målet at reducere behandlingshyppigheden yderligere til 1,7 inden 2009. EU Kommissionen har via pesticiddirektivet (91/414/EEC) en tematisk strategi med henblik på en bæredygtig anvendelse af pesticider¹².



Figur: Forbruget af virksomme stoffer i bekæmpelsesmidler og behandlingshyppighed

Kilde: Danmarks Statistik.

Placering af slam på landbrugsjord indebærer en potentiel forurening med en række stoffer. Det drejer sig dels om tungmetaller som f.eks. cadmium, der afhængig af slammets oprindelse kan forekomme i varierende mængder. Men også medicinrester og hormonlignende stoffer kan forekomme, hvis slammet ikke inden udbringningen er behandlet på en sådan måde, at disse stoffer er nedbrudt.

Dette problem kan også forekomme ved anvendelsen af husdyrgødning, idet medicinrester og ikke mindst antibiotikarester kan forekomme i frisk husdyrgødning og i nogen udstrækning også i lagret.

¹² <http://europa.eu.int/scadplus/leg/da/lvb/l21288.htm>

Miljøstyrelsen udfører massestrømsanalyser for cadmium¹³, og det fremgår heraf, at cadmium tilførsel til jord via handelsgødning er reduceret med ca. 50 % takket være lovgivningen om handelsgødning (fosforholdig) maksimale indhold af cadmium. Forbruget af cadmium med kalk er anslået til 0,9 - 1,9 tons (1996), hvor forbruget til landbrugsformål er dominerende. Forbruget af kalk anses for at være stagnerende.

Fosforoverskuddet

'Nationalt Program for Overvågning af Vandmiljøet 1998-2003' (NOVA-2003), udgav i efteråret 2003 en rapport¹⁴, hvor det fremgår at fosformængden i handelsgødning er reduceret med ca. 70 % fra 1985 til 2002/3. Fosforoverskuddet er dog stadig et betydeligt miljøproblem som følge af den stigende husdyrproduktion. På husdyrbrug er tilførslen fortsat langt større, end hvad der fjernes med afgrøderne. Fosforudvaskning fra landbrugsarealer varierer stærkt fra år til år afhængig af nedbør, men ligger omkring 0,5 kg/ha per år. Fosforoverskuddet per ha (forskellen mellem tilførsel og fraførelse) er dog stadig stor og er opgjort til 11 kg/ha.

Med VMP III er der kommet mere fokus på fosforoverskuddet. I henhold til den nye aftale skal fosforoverskuddet halveres i forhold til det aktuelle niveau fordelt med en reduktion på 25 pct. inden 2009 og yderligere en reduktion på 25 pct. fra perioden 2009-15. Dette forventes at blive gennemført ved blandt andet en afgift på 4 kr/kg mineralsk fosfor i foder samt ny viden gennem forskning og udvikling. Samtidig vil man udlægge 50.000 ha dyrkningsfrie randzoner langs vandløb og søer inden 2015.

Biologisk mangfoldighed

Regeringens handlingsplan for biologisk mangfoldighed og naturbeskyttelse i Danmark 2004-2009 danner den danske ramme for blandt andet udmøntningen af EU's Natura 2000 direktiver (Habitatdirektivet og Fuglebeskyttelsesdirektivet) samt efterlevelsen af EU's målsætning om at forringelsen af biodiversiteten skal standses med henblik på at nå dette mål senest i 2010. Handlingsplanen fastslår, at sektorintegration er et afgørende element. Miljøhensyn må indgå i alle sektorer for at opnå en bæredygtig udvikling. Dette gælder i særlig grad landbrug, fiskeri, industri, trafik og undervisning.

14 Andersen, J.M., Boutrup, S., Svendsen, L.M., Bøgestrand, J., Grant, R., Jensen, J.P., Ellermann, T., Rasmussen, M.B., Jørgensen, L.F. & Laursen, K.D. 2003: Vandmiljø (2003): Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Danmarks Miljøundersøgelser. 52 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 471.

Udvalgte miljøindikatorer	1991	2001	Miljøhandlingsplaner
Kvælstof			
Forsyning af handelsgødning, rene næringsstoffer, tons	369.500	210.800	Vandmiljøplan III ¹⁵ Reduktion i kvælstofudvaskningen på 11.300 tons fra 2005-09 og yderligere reduktion på 9.850 tons fra (2009-15) ⁴⁾
Forsyning af naturgødning, rene næringsstoffer, tons	292.800	273.000	
Kvælstofudvaskning	¹⁶ 274.000	174.000	
Fosfor			
Forsyning af handelsgødning, rene næringsstoffer, tons	33.200	14.800	Vandmiljøplan III Reduktion i fosforoverskud på 25 pct. inden 2009 i forhold til 2001/02 Yderligere reduktion på 25 pct. fra 2009-15
Forsyning af naturgødning, rene næringsstoffer, tons	46.800	56.500	
Fosforoverskud, tons	i.a.	⁴⁾ 32.700	
Pesticider			
Pesticider, behandlingshyppighed ¹⁷	2,73	2,10	Pesticidhandlingsplan Reduktion i behandlingshyppighed til 1,7 inden 2009
Forbruget af virksomme stoffer i bekæmpelsesmidler, tons	4.628	3.083	
Samlet udslip af drivhusgasser (alle sektorer), 1000 tons			
Kuldioxid CO ₂	63.383	54.355	Kyoto-aftalen ¹⁸ Reduktion i udslip af drivhusgasser (CO ₂ -ækvivalent) på 21 pct. i 2008-12 med reference til basisåret 1990
Metan CH ₄	273	267	
Lattergas N ₂ O	35	28	
- Heraf metan og lattergas fra landbruget, 1000 tons ¹⁹			
Metan CH ₄	182,9	171,4	
Lattergas N ₂ O	32,9	27,6	
Ammoniak			
Ammoniak emission (tons, NH ₃ -N) ²⁰ , total	109.349 ²¹	80.801	Gøteborg-protokollen Reduktion af emissionen til 56.800 tons NH ₃ -N i 2010 fra husdyrgødning og handelsgødning og slam og halmafbrænding.
Husdyrgødning	79.249	64.259	
Handelsgødning	8.662	4.593	
Afgrøder	12.987	11.108	
NH ₃ behandlet halm	8.393	774	
Slam	58	66	53

15 Fødevareministeriet (2004): Aftale om vandmiljøplan III (VMP III), 2. april 2004.

16 Børgesen C.D. og Grant R (2003): Vandmiljøplan II – modelberegninger af kvælstofudvaskningen, DMU og DJF (1989-tal).

17 Behandlingshyppighed udtrykker det antal gange det er muligt at pesticidbehandle det samlede areal, hvis standarddosis anvendes.

18 Miljø- og Energiministeriet (2000): Klima 2012, Status for perspektiverne for dansk klimapolitik.

19 Jørgen E. Olesen et. al. (2001): Emission af drivhusgasser fra dansk landbrug, DJF-rapport nr. 47. 1990 og 1999 tal.

20 Danmarks Miljøundersøgelser

21 Data fra 1990 og 2002

Udvalgte miljøindikatorer (fortsat)	1991	2001	Miljøhandlingsplaner
Vedvarende energi			
Produktion af vedv. energi fra jordbruget, PJ heraf: Note: 1 PJ = 10 ¹⁵ joule svarer til ca. 25000 tons olie, 40000 tons kul eller 65000-70000 tons halm.			<i>Energi 21</i> Målsætning for 2015 ²²
Halm, PJ	13,3	13,7	23,0
Biogas, PJ	0,9	3,0	8,0
Energiafgrøder, PJ	0	0	5,0

Kilde: Danmarks statistik, DMU, Energistyrelsen og DJF.

22 Energistyrelsen (1999): Energi 21, grunddata for OE21 (upubliceret) og Gylling et al.(2001): Fødevareøkonomisk Institut (2001): Langsigtede biomasseressourcer til energiformål, Rapport nr. 125

2 Miljømæssige udfordringer

Hensigten med dette Grønne Teknologiske Fremsyn er at udpege teknologiske virkemidler, der kan hjælpe til med at nedbringe landbrugets miljøbelastende aktiviteter. I den henseende er valgt en problemorienteret indfaldsvinkel på det Teknologiske Fremsyn. I det følgende er der beskrevet seks landbrugsrelaterede miljøproblematikker, som vi mener, er vigtige at fokusere på både på kort og på lang sigt.

2.1 Nedbringe landbrugets udledning af drivhusgasser

Landbrugssektoren er den næststørste udleder af drivhusgas (ca. 15-20 %) efter energisektoren. Langt størstedelen af emissionen er relateret til husdyrproduktionen. Emission af drivhusgasser fra landbrugssektoren omfatter, som tidligere angivet, metan (CH₄), lattergas (N₂O) og kuldioxid (CO₂). Udledningen af CH₄ stammer hovedsageligt fra dyrenes fordøjelsesproces og en mindre del fra håndtering af husdyrgødning. Størstedelen af emissionen er relateret til kvægproduktionen, mens produktionen af svin og fjerkræ er af mindre betydning.

Emissionen af N₂O forekommer alle steder, hvor der sker en omsætning af kvælstof, og er derfor i større eller mindre grad relateret til kvælstofbalancen.

I en ny rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser²³ forventes en stigning i husdyrproduktionen frem til 2012. Samtidig forventes en forbedring af kvælstofudnyttelsen i foder og husdyrgødning i samme periode. Det deraf følgende fald i anvendelsen af handelsgødning vil betyde, at emissionen samlet set vil blive reduceret svagt. VMP III vil sandsynligvis vil være med til at reducere emissionen endnu mere.

DMU har gennemregnet en række scenarier for reduktion i udledning af drivhusgasser fra landbruget. I det mest vidtgående scenarier anslår DMU, at der kan nås en reduktion på 24 % i år 2017 i forhold til 2003. En vigtig forudsætning er introduktion af teknologier, der kan reducere tabet af kvælstof. I de ovenstående betragtninger indgår ikke energiproduktionen. Nettoudslippet kan derfor yderligere reduceres ved øget fortrængning af fossile produkter.

2.2 Nedbringe brugen af pesticider

Landbrugsjorden tilføres miljøfremmede stoffer via handelsgødning, pesticider, husdyrgødning og spildevandsslam. Derudover er der tab af cadmium til jorden fra handels- og husdyrgødning. Rester af pesticider og deres nedbrydningsprodukter er fundet i jord, regnvand, vandhuller og vandløb, drænvand og grundvand.

Brugen af pesticider kan - udover den uønskede forekomst i drikkevandet - føre til et direkte og indirekte fald i mængden og mangfoldigheden af dyr og planter i det dyrkede land. Det kunne eksempelvis være færre plantearter på grund af den gentagne ukrudtssprøjtning, og mange dyr har svært ved at finde føde, fordi de lever af ukrudtet eller af dyr, der lever på ukrudtet.

Den mest omfattende analyse af brugen af pesticider er Bicheludvalgets rapport²⁴. Miljøstyrelsen har senere opdateret Bicheludvalgets driftsøkonomiske analyser og har konkluderet, at det vil være økonomisk optimalt for dansk landbrug at yderligere reducere pesticidforbruget med ca. 15 %²⁵, hvilket er målet i regeringens pesticidplan 2004-2009. Yderligere reduktion kan gennemføres uden større ændringer i sædskiftet og uden særlige omkostninger for dansk landbrug, men kræver nogle stærkere incitament i form af for eksempel kvoter eller højere afgifter og en holdningsændring blandt de konventionelle planteavlere. Men det er afgørende, at der skal være et incitament blandt planteavlerne til at søge nye veje og anvende nye teknologier.

23 Gyldenkerne, S. & Mikkelsen, M.H. (2004): Projection of Greenhouse Gas Emission from the Agricultural Sector. Until 2012 and 2017. National Environmental Research Institute, Denmark. 52 pp. Research Notes from NERI no. 194. <http://research-notes.dmu.dk>

24 Udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en hel eller delvis afvikling af pesticidanvendelsen - BICHEL-UDVALGET: www.mst.dk/kemi/03050000.htm

25 Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 20, 2003

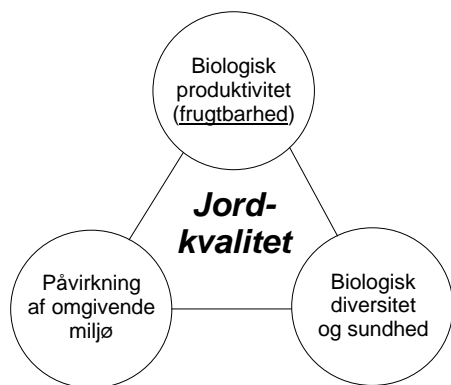
Anvendelse af GPS, præcisionssprøjter eller mekaniske metoder kan anvendes til en målrettet og behovsbaseret regulering af ukrudt, sygdomme og skadedyr. I områder med lav produktionspotentiale eller særligt miljøfølsomme områder kan anvendelse af pesticider eller mekanisk ukrudtsbekæmpelse evt. undlades.

2.3 Sikre jordens frugtbarhed

Begrebet jordens frugtbarhed inddrages hyppigt i den almindelige debat om landbrugets påvirkning af miljøet. Den øgede interesse for økologisk landbrug og for miljøets tilstand er stærkt medvirkende årsager til denne udvikling. Ofte betones forbindelsen mellem økologisk drift, jordens frugtbarhed og en positiv udvikling i det omgivende miljø. Det gælder dog for enhver driftsform, at jordens beskaffenhed vil øve indflydelse på planteproduktionens karakter, rentabilitet og miljøpåvirkning.

Jordens frugtbarhed omfatter en række skjulte egenskaber, der kan være forskellige fra jord til jord, men som tilsammen bestemmer frugtbarheden²⁶.

Begrebet jordkvalitet er historisk set af nyere dato. Det er svært med en egentlig definition af dette begreb, men det er forsøgt af blandt andet de to amerikanske forskere Doran og Parkin²⁷: *En jords evne til inden for økosystemets grænser at fungere således, at den biologiske produktivitet opretholdes, det omgivende miljø holdes uændret, og sundhed for planter og dyr fremmes* (figur 4.1). Med denne definition er jordkvalitet et endnu bredere begreb end jordens frugtbarhed.



Figur 4.1. Det lukkede (holistiske) jordkvalitetsbegreb.

For både *jordens frugtbarhed* og *jordkvalitet* (sidstnævnte som herover defineret) gælder altså, at der er tale om meget brede, langsigtede og samlende begreber, der omfatter en række specifikke karaktertræk ved jorden. Det kan være givtigt i visse sammenhænge at vurdere jorden ud fra de brede termer. En sådan *holistisk* indgangsvinkel kan medvirke til at afsløre aspekter af jordens funktioner, som man ellers ikke har været opmærksom på. En udvikling af dyrkningssystemet i en ønsket retning kræver imidlertid også nærmere studier af de årsag-virkning relationer, der ligger bag; og her kan man ikke 'nøjes' med holistiske undersøgelser.

Alle former for planteproduktion vil påvirke jordens frugtbarhed. For at kunne tage stilling til betydningen af denne påvirkning af jordens frugtbarhed er det nødvendigt med kendskab til tidshorisonten for de registrerede ændringer, og hvorvidt ændringerne er reversible eller irreversible. Desuden må det indgå, hvilken indsats der skal til for at reversere uønskede forandringer. Eksempler på irreversible og reversible forandringer i jordens frugtbarhed er listet nedenstående.

Irreversible forandringer

- tilførsel af tungmetaller, m.v.

26 Patzel, N., Sticher, H. & Karlen, D.L. (2000): Soil fertility – phenomenon and concept. J. Plant Nutr. Soil Sci. 163, 129-142.

27 Doran, J.W. & Parkin, T.B. (1994): Defining and assessing soil quality. Kapitel 1 i: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F. & Stewart, B.A. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Special Publication 35, Madison, WI, pp. 3-21.

jorderosion

- reolpløjning
- pakning i dybe jordlag

Reversible forandringer

- forsuring
- næringsstofudpining
- komprimering af øvre jordlag
- reduceret mikrobiel aktivitet
- ukrudtsfrøpulje og plantepatogener
- næringsstofstab

Mens irreversible forringelser af jordens frugtbarhed sædvanligvis vil være uacceptable uanset driftsform, er det for reversible forandringer vigtigt at fastslå hastigheden, hvormed forandringerne sker. For uønskede forandringer må det vurderes hvilke tiltag, der er nødvendige for at genoprette den ønskede frugtbarhed, og hvilken teknisk og økonomisk indsats, der skal præsteres.

For at kunne udpege driftsforanstaltninger, der kan sikre bæredygtigheden, kræves det dog, at bæredygtighed er klart defineret. I bogen 'Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture'²⁸ peges der på behovet for en bedre forståelse af økosystemet i jorden. Samtidig er der behov for at se denne viden i forhold til værdiladet principper om bæredygtighed og forsigtighed, for bedre at kunne udstikke retningslinier for udviklingen inden for landbrug, der kan sikre et bedre miljø.

2.4 Sikre landskabelige og naturmæssige værdier herunder biologisk mangfoldighed

Naturen og økosystemerne – herunder økosystemernes funktioner – er grundlag for alt liv på jorden. Med funktioner tænkes blandt andet på recirkulering af næringsstoffer, omsætning af affaldsstoffer, vandkredsløbet, klimaregulering, bestøvning af kulturplanter og opbygning af frugtbar muldjord. Beskyttelse af biologisk mangfoldighed er derfor ikke alene et spørgsmål om at beskytte plante- og dyrearter samt naturtyper, men i høj grad de mange naturlige processer, der sikrer produktion, men også muligheder for friluftsliv og naturoplevelser, der igen beviseligt har betydelig positiv værdi for menneskers livskvalitet og trivsel.

Naturen kræver lang tid for at udvikle en værdifuld biologisk mangfoldighed. Kun i de områder, hvor der har været oprindelig natur i lang tid, og hvor påvirkningerne f.eks. gennem ekstensivt landbrug har været beskedne, er der stor biologiske mangfoldighed²⁹ målt i artsdiversitet mv. Ødelægges naturen i sådanne områder, eller bliver naturens kvalitet stærkt forringet, er det derfor vanskeligt og i nogle tilfælde umuligt inden for overskuelig tid at genoprette den. Regenerering af f.eks. højmoser tager årtusinder, af overdrev århundreder. Landbruget påvirker den biologiske mangfoldighed, herunder landskabelige og naturmæssige værdier på flere måder. De vilde planter og dyr på selve dyrkningsfladen er naturligt nok i defensiven, mens plante- og dyrelivet i de omgivende arealer i form af ekstensive græsnings- og sletarealer og øvrige udyrkede arealer, hvor der ikke gødskes eller sprøjtes, som regel har en gunstig tilstand. Men også naturens egne processer påvirkes såvel positivt som negativt. En række landbrugsaktiviteter har derigennem samlet set en negativ indvirkning på den biologiske mangfoldighed.

F.eks. medfører udslippet af ammoniak fra stald- og gødningsopbevaringsanlæg og fra udbringning af husdyrgødning en u hensigtsmæssig kvælstofbelastning af de omgivende arealer, hvilket har særlig betydning for de sårbare naturområder såsom heder, overdrev, næringsfattige søer osv.

28 Schjøning, P., Elmholt, S. og Christensen, B.T. (eds) (2004): Managing soil quality: Challenges in modern agriculture. CAB International

29 Ved "biologisk mangfoldighed" forstås mangfoldigheden af levende organismer fra alle kilder, herunder økosystemer på land, i hav og i ferskvand, og de økologiske strukturer de indgår i; mangfoldighed omfatter mangfoldighed inden for de enkelte arter og mellem arterne samt økosystemernes mangfoldighed (Wilhelm-rapporten)

Bekæmpelse af ukrudt og skadedyr giver dårligere levevilkår for det vilde dyre- og planteliv på produktionsarealerne. Det gælder både for de planter og insekter man ønsker at bekæmpe, og for de dyr, der lever af dem.

Wilhelmudvalget³⁰ peger på, at den intensive landbrugsproduktion sammen med bebyggelse, veje og jernbaner har betydet, at naturområderne generelt er for få, for små, for spredte og af for ringe kvalitet til at sikre de processer, der kendetegner et alsidigt og velfungerende biologisk system. Endvidere peger udvalget på, at der er for lidt vand i de danske landskaber som følge af afvanding m.v. gennem et par århundreder. Et mål i EU's 6. miljøhandlingsprogram er at standse tilbagegangen for den biologiske mangfoldighed i blandt andet landbrugslandet inden 2010. Dette er ikke mindst et udtryk for, at samfundet i fremtiden vil efterspørge produktion af andre kvaliteter frem for maksimal produktion. Der tales om det multifunktionelle landbrug, hvor der udover den traditionelle produktion af korn, kød, mælk osv. skabes kvalitet i form af smukke landskaber, alsidig natur med flere levesteder af høj værdi for det vilde plante- og dyreliv, rent drikkevand og rekreative værdier.

Wilhelmudvalget har anbefalet en række tiltag for at styrke den biologiske mangfoldighed. Først og fremmest en styrkelse af plejeindsatsen på de eksisterende arealer og en generel forøgelse af naturarealet, bl.a. i form af ekstensivt udnyttede lavbundsarealer i f.eks. ådale, overdrev og strandenge. Desuden foreslår udvalget bufferzoner omkring sårbar natur og en naturovervågning og naturplanlægning, der sikrer den biologiske mangfoldighed. Også den økologiske dyrkningspraksis kan have en positiv indvirkning på levevilkårene for planter, dyr og mikroorganismer på det økologiske omdriftsareal, hvis der samtidig påtages en speciel plejeindsats. Men uanset om driftsformen er konventionel eller økologisk ligger der en stor mulighed for den enkelte driftsleder for at gøre en ekstra indsats for naturværdierne. Den manglende brug af pesticider og mindre gødningsforbrug i økologi orienteret landbrug giver en umiddelbar gevinst på dyrkningsarealet, men har mindre betydning på de omgivende naturarealer. Indsatsen med naturforbedring inden for landbrug er først og fremmest sket gennem indarbejdelse af miljø- og naturhensyn i landbrugspolitikken i retning af et mere multifunktionelt landbrug. Naturplaner kan medvirke til et øget fokus på naturværdierne på landbrugernes ejendomme, og hjælpe med en prioritering af den nødvendige indsats.

Hvis Danmarks primærproduktion skal opretholdes på det nuværende niveau samtidig med at naturarealet øges, kræver det både større udbytte på de tilbageværende arealer – f.eks. gennem forædling mod øget udbytte og kvalitet i planteproduktionen og integration af beskyttelsen af naturværdier i den fortsatte landbrugsdrift.

2.5 Minimere tabet af næringsstoffer fra landbruget (N & P)

Tab af næringsstoffer fra landbruget er medvirkende til iltsvind i de indre danske farvande og eutrofiering af søer og vandløb. Samtidig er det også en væsentlig årsag til at heder, højmoser, overdrev og skove gror til i brændenælder og græs³¹. Udvaskningen af næringssalte fra jorden påvirkes hovedsageligt af driftsform, gødningsmængder og af arealernes karakter.

I dag er fosfor i husdyrgødning generelt den dominerende form for fosforgødning i Danmark. På husdyrbrug er tilførslen fortsat langt større, end hvad der fjernes med afgrøderne. Fosforudvaskning fra landbrugsarealer varierer stærkt fra år til år afhængig af nedbør. I Vandmiljøplan III³² gøres der for første gang en indsats over for landbrugets tab af fosfor (Se afsnittet "Miljøhandlingsplaner"). Målsætningen er at halvere fosfor overskuddet i landbruget inden år 2015, det vil sige, at der stadig vil være en overskudstilførsel af fosfor.

2.6 Minimere lugtgener fra husdyrproduktion

Lugtgener i forbindelse med husdyrproduktion og håndtering af husdyrgødning er et stigende problem, som naboer og samfundet i øvrigt ønsker løst i de kommende år. Det kræver en ekstraordinær indsats af erhvervet, forskningsinstitutioner og virksomheder, da viden og mulige teknologier p.t. er begrænsede, uafprøvede og økonomisk urealistiske. Det skyldes dels at lugt fra husdyrproduktion er en sammensætning af

30 Wilhelmudvalget. En rig natur i et rigt samfund.. Skov- og Naturstyrelsen, november 2001 ISBN 87-7279-328-7

31 Danmarks Naturfredningsforening

32 Vandmiljøplan III (2004): Miljøministeriet og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. <http://www.vmp3.dk>

mange lugtstoffer, og dels at generne afhænger af samspillet mellem lugtkilder, klima- og staldforhold, fodring og management, gyllesystem samt fysiske og kemiske faktorer.

Lugtgener fra husdyrproduktion kan opdeles i lugtgener fra stalde, gødningslagre og gener i forbindelse med udbringning af husdyrgødning. Lugtgener fra gyllelagre og udbringning af gylle er begrænset til nogle få dage om året, hvorimod lugtgener fra stalde er af permanent karakter, der dog varierer med vejr- og vindforhold, årstider, staldindretning mm. Mange biologiske og fysiske faktorer påvirker således lugtens udbredelse. Et levende hegn omkring stalden eller gyllebeholderen begrænser også lugtudbredelsen, og det samme gør f.eks. regnvejr.

Lugt fra staldene kan være sammensat af op til 300 forskellige lugtstoffer. Lugtstofferne vekselvirker med hinanden og kan både neutralisere og forstærke lugtopfattelsen. Lugtproblemet kompliceres yderligere af, at mennesker har varierende opfattelse af lugt og lugtgener, der også gør det vanskeligt at anvende objektive målemetoder.

Spredning af lugt adskiller sig i princippet ikke fra spredningen af andre gasser i atmosfæren. Imidlertid kan det for nogle kildetyper være vanskeligt at bestemme emissionen af lugtstoffer, og oplevelsen af lugt i omgivelserne er en ganske anderledes kompleks sag. Lugt giver anledning til gener, når lugttærsklen overskrides, og mennesket kan opfatte lugt selv ved kortvarige påvirkninger.

En række undersøgelser i ind- og udland har vist, at lugtemissionen fra selv tilsyneladende ens stalde varierer voldsomt. Dette tyder på, at der kan være ukendte parametre herunder af managementkarakter, som i afgørende grad kan påvirke lugtemissionen. Det vil imidlertid kræve en forskningsmæssig indsats at tilvejebringe den nødvendige viden.

3 Beskrivelse af væsentlige miljøvenlige teknologier og deres anvendelse

Kravet om en mere miljøvenlig udnyttelse af de naturlige ressourcer er det gennemgående tema for dette Teknologiske Fremsyn. Det er i dette perspektiv, at nye teknologier og produktionsmetoder skal prioriteres, udvikles og implementeres i fremtidens miljøvenlige landbrug.

Dette afsnit er en kort udredning, der beskriver udvalgte miljøteknologier, samt en overordnet betragtning om forskellige holdninger til valg og anvendelse af nye teknologier. De udvalgte teknologier er en vejledende indikation om de vigtigste landbrugsrelaterede miljøproblemer, der synes at være enighed om ved første workshop i det Grønne Teknologiske Fremsyn om Miljøvenligt Landbrug.

3.1 Plantegenteknologi

Teknologien

Der findes et uudnyttet potentiale til renere landbrugsproduktion i genteknologien, og udviklingen forventes at gå stærkt som følge af, at flere vigtige plantegenomer bliver kendt i de kommende år. Gensplejsning giver mulighed for direkte at overføre gener, ikke kun fra en planteart til en anden, men også fra dyr til planter, for derved at opnå egenskaber og råprodukter med helt nye eller forbedrede karakteristika. På kort sigt kan gensplejsning blive brugt til at gøre planterne modstandsdygtige overfor udvalgte pesticider, og modstandsdygtige over for insektangreb. På længere sigt vil der være tale om at udvikle planter, der er mere tolerante overfor kulde, tørke og saltstress påvirkning, samtidig med at de vil være i stand til at udnytte lys og næringsstoffer mere effektivt. Ligeledes vil der formentlig ske en udvikling i retning af nye 2. generationsafgrøder med en række funktionelle egenskaber som bedre kvalitet, ydelse og smag. Teknologien har imidlertid også afstedkommet viden om genomet, der har bevirket, at teknologien kan udnyttes til effektiv forædling af nye afgrøder, uden at introducere fremmede gener. Således er *markørbaseret planteforædling* et af bioteknologiens spin-offs, der ikke involverer injicering af fremmed genmateriale i plantegenomet. Der er tale om udvikling af meget effektive markørsystemer, som har givet planteforædling fornyet styrke, fordi man hurtigt kan fokusere på det område i plantegenomet, som bærer lige præcis de gener, som man ønsker at gøre brug af.

Visioner for teknologiens anvendelse

Mens genmodificering har et stort potentiale i det industrielt orienterede landbrug, strider det umiddelbart mod grundtanken i det økologisk orienterede landbrug. Markørbaseret forædling kan derimod vise sig at være en teknologi, der kan indpasses i begge typer landbrug.

Visionen for teknologien er at udvikle planter, der bedre kan udnytte de naturlige ressourcer, herunder bedre optagelse af næringsstoffer og en bedre fiksering af CO₂. Sidst nævnte vil kunne dyrkes på mindre areal med det samme udbytte.

Med nye typer energiafgrøder og indførelse af nye energiteknologier kan biomasse sammen med biogas fra husdyrgødning bidrage til at løse nogle af de alvorlige miljøproblemer. Både ved hjælp af genmodificering og markørforædling kan der udvikles afgrøder, hvor restprodukter langt bedre kan omdannes til energi, end tilfældet er i dag. Med teknologien vil det også være muligt at udvikle højtydende energiafgrøder, der samtidig er miljøvenlige at dyrke. OECD forventer, at udnyttelsen af bioenergi kan vokse til mindst det dobbelte frem til år 2020³³. Emnet er yderligere behandlet under biomasseteknologi.

Næringsstoffer tilføres miljøet via handelsgødning. Ligeledes tilføres næringsstoffer med husdyrgødning, fordi kun 20 – 50 % af kvælstof og fosfor i foderet udnyttes af husdyrene og resten udskilles. I dag benyttes enzymteknologi til at producere en række tilsætningsstoffer til foder, som kan forbedre effektiviteten af animalsk produktion gennem bedre foderomsætning hos dyrene. Typiske enzymer er fytase, proteinase, lipaser, xylanase, glucanaser osv. Nogle af disse egenskaber kan også tilføres foderafgrøder ved hjælp af forædling og ved forskellige former for

33 OECD (2003): Renewables for Power Generation -- Status & Prospects, 192 pages, ISBN 92-64-01918-9

plantegentechnologi. For eksempel gensplejsede planter med fytase, xylanaser og glucanaser. Der er også mulighed for at fjerne, nedsætte eller ændre på forholdet af planteindholdsstoffer, der forhindrer en effektiv foderudnyttelse. For eksempel kunne man fjerne fytin, øge fytase indholdet, ændre på aminosyresammensætningen og ændre på stivelsen. Dette kan blandt andet opnås ved mutationsforædling, dvs. en løsning uden brug af gensplejsning. I det økologiske husdyrhold er det i øjeblikket ikke tilladt at bruge tilsætningsstoffer som er fremstillet ved hjælp af gensplejsning som f.eks. foderenzymmer. Derfor er det kun traditionel og mutationsforædling af foderafgrøder, der er en mulighed i det økologiske landbrug.

Forudsætninger

Dansk forskning inden for genteknologi befinder sig på et højt internationalt niveau. Imidlertid har modstand i befolkningen og EU's moratorium haft negative konsekvenser for forskning i plantegentechnologi. I Danmark er den offentlige støtte til forskning blevet kraftig beskåret fra 1999, og EU's 5. rammeprogram indeholdt meget få støttemuligheder for forskning i genteknologi. Dette kan virke paradoksalt, da netop offentlig neutral forskning kunne belyse risikoaspekterne og dermed sikre en gavnlig udnyttelse af teknologien.

Den planteteknologiske industri er koncentreret på et lille antal meget store internationale aktører. I den agrokemiske sektor, som også spiller en central rolle indenfor det planteteknologiske område, har mindre end 10 internationale virksomheder kontrol med fire femtedele af verdensmarkedet. Opstart af nye danske virksomheder med nicheproduktioner indenfor det planteteknologiske område er dog en oplagt mulighed, idet det nødvendige rekrutteringsgrundlag og forskningspotentiale eksisterer på landets forskningsinstitutioner.

Genteknologi er meget kontroversiel, og specielt anvendt på primærproduktionen har man kunnet spore en stor skepsis i befolkningen. Dette kan ses som resultat af et misforhold mellem befolkningens bekymringer på den ene side og på den anden side myndigheders, industriens samt politikernes håndtering af temaet. Befolkningens skepsis overfor genteknologi er umiddelbart den største barriere for teknologiens udbredelse. Hvis befolkningen skal have tillid til eksperter og myndighedernes håndtering af kontroversielle teknologier, som f.eks. genteknologi, er et bredt perspektiv på risiko nødvendigt³⁴ - ikke mindst i forbindelse med myndighedernes godkendelses procedurer³⁵. Det er en betingelse, at der foregår en åben dialog omkring etik og værdier mellem myndighederne, industrien og videnskaberne. Dialogen skal allerede starte ved de tidligste faser af forskningen frem for at vente til lige inden et nyt bioteknologisk produkt skal markedsføres. Specielt forskningsinstitutioner, der står bag den teknologiske udvikling, skal indgå aktivt og kritisk evaluere deres egen indsats i denne dialog.

Plantegentechnologi kan målrettes mod en lang række miljøproblemer. For at undgå at forskningen bliver tyndet ud på mange indsatsområder, er det vigtigt, at der fra politisk hold findes ud af, hvad vi vil med teknologien og dernæst prioritere nogle områder, hvor dansk teknologi kan gøre sig gældende på et globalt marked.

34 Borch, K. and Rasmussen, B. (2004): Refining the debate on GM crops using technological foresight – the Danish experience. Technological forecasting and societal change. (in print)

35 Rasmussen, B. og Borch, K. (2002): Udarbejdelse og anvendelse af risikovurderinger af genetisk modificerede planter. Forskningscenter Risø, 92 s., ISBN 87-550-3097-1

Udviklingsveje for Plantegentechnologi

0-10 år 10-20 år

Miljømæssige udfordringer	<div>Reduceret pesticidforbrug</div>	<div>Mindre tab af næringsstoffer</div> <div>Mindre dyrket areal</div>
Anvendelse Industrielt/ Økologisk	<div>(I) Sygdomsresistente planter</div>	<div>(Ø) Nye effektive sorter - markørforædlet</div> <div>(I) Nye effektive sorter - gensplejset</div>
Teknologier / kompetencer / evner	<div>Gentechnologi</div> <div>Gensplejsning 1. generation</div> <div>Markørforædling</div>	<div>Gensplejsning 2. generation</div>
Forudsætninger / barrierer	<div>Forbrugerskepsis</div> <div>Politisk stillingtagen</div> <div>Dialog om det brede risikobegreb</div> <div>Uafhængige offentlige forskningsprogrammer</div>	

Anbefalinger

- Bedre dialog mellem bioteknologerne og befolkningen
- En godkendelsesprocedure for gensplejsede planter, der tilgodeser befolkningens brede risikoopfattelse
- Nødvendigt med teknologivurdering og politisk stillingtagen til hvad teknologien kan og skal bruges til
- Igangsættelse/genoptagelse af forskningsprogrammer inden for plantegentechnologi

3.2 Informations- og kommunikationsteknologi (IKT)

Videnskabsministeriet gennemførte i 2003 et Teknologisk Fremsyn om udfordringerne og mulighederne i, at informations- og kommunikationsteknologien efterhånden griber mere og mere ind i vores hverdag og bliver en naturlig og nødvendig teknologi for at samfundet kan fungere. I mangel af et godt dansk ord er pervasive computing blevet fællesbetegnelsen for denne udvikling.

I videnskabsministeriets rapport er fødevarerhvervet i Danmark givet som et eksempel på et stort dansk erhverv, som meget aktivt afsøger og opsøger forskellige muligheder forbundet med pervasive computing. Fødevarerhvervet omfatter i denne sammenhæng både landbruget og den fødevarerforarbejdende industri, da der i begge led sker en betydelig højteknologisk udvikling. Inden for landbruget åbner pervasive computing f.eks. mulighed for en yderligere optimering af overvågning og produktionsstyringen af afgrøder og husdyr. Et område af pervasive computing, der kan få stor indflydelse på denne udvikling, er f.eks. små billige sensorer, der kommunikerer via trådløse netværk. Størrelsen og den lave pris vil på længere sigt muliggøre indlejring i objekter, dyr og materialer. Der er tale om en "break-point" teknologi, som muliggør et paradigmeskift ved dataopsamling og overvågning og giver helt nye muligheder for overvågning, modellering og styring af biologiske miljøer.

Trådløse netværk af intelligente sensorer, "Sensor Webs"^{36; 37} (Huang, 2003; Huntington 2003) muliggør en virtuel tilstedeværelse i miljøet. At der er tale om enkle sensorer med simpel beregningskraft er afgørende for pris og strømforbrug (f.eks. energi fra mindre solcelle). I den sammenhæng er netværket af sensorer det væsentlige. Man kan tænke på et netværk af sensorerne som alle pixels i et billede. Enkeltvis er

36 Huang, G.T. (2003): Casting the Wireless Sensor Net, Technology Review.

37 Huntington (2003): Huntington Botanical Gardens Sensor Web, <http://caupanga.huntington.org/sensorweb/>

informationsindholdet i en pixel begrænset, men et netværk af pixels, der tilsammen danner et billede. På samme måde vil et netværk af sensorer kunne danne mønstre eller billeder af f.eks. spredning af ammoniak og lugt fra husdyrproduktion, afdrift af pesticider ved sprøjtning, dyrs velfærd, planternes vækst i en mark, klimaforholdene i en stald osv.

Et stort (50-1000) antal billige sensorer giver mulighed for at opsamle data billigere og med en bedre rumlig fordeling end hidtil. Dermed opbygges et grundlag for en forbedret modellering, hvilket giver mulighed for avanceret overvågning og styring af de biologiske og tekniske processer. Disse mål er teoretisk mulige, men grundlaget mangler stadig for at inddrage sensornetværk og data fra sensornetværk i modelleringen af de fysiske fænomener, der observeres. Endvidere ligger der et forskningsarbejde i at demonstrere anvendelsen på relevante cases.

Pervasive computing teknologiens mulighed for permanent at overvåge levende væseners fysiske helbredstilstand kan anvendes i den animalske produktion til høj kvalitetsprodukter. Dyrene får fra fødslen vedhæftet et 'tag', som igennem hele livet overvåger det enkelte dyrs helbredstilstand. Informationen lagres og følger dyret efter slagting, hvor informationen overføres til emballagen. Derved bliver informationen tilgængelig for forbrugeren, som har fuld adgang til alle centrale oplysninger om dyrets opvækst og livsforløb. I selve produktionen har teknologien gjort det muligt at optimere eksempelvis temperaturer og spisemønstre for det enkelte dyr. Det er også blevet muligt at findosere medicin, så kødet bliver billigere og mere spiseligt for forbrugeren – både bogstaveligt og metaforisk. Teknologien bliver dermed et vigtigt instrument til at sikre fødevarers kvalitet og til et vigtigt element i markedsføringen, hvor det kan dokumenteres overfor forbrugeren, at der er tale om sunde og sikre fødevarer i hele forløbet 'fra jord til bord' (se afsnittet "Fødevarernes oprindelse").

Visioner for teknologiens anvendelse

Dokumentation for fødevarernes produktionshistorie fra jord til bord er essentiel for både økologisk og industriel produktion af fødevarer. Dokumentationen starter med planternes og husdyrenes dyrknings- og produktionsforhold. Næste led i kæden er forarbejdning af råvarerne på slagterier, møllerier, mejerier osv. Herefter følger den videre forarbejdning af råvarer til fødevarer, færdiglavede middagsretter osv. Produktionsdata, observationer og registreringer dokumenterer sammen med standarder og forskrifter fødevarernes produktionshistorie gennem hele kæden fra jord til bord.

IT informationssystemer vil bl.a. kunne anvendes til at identificere og integrere information og viden fra historiske data, erfaringsgrundlag, sensorer samt løbende observationer som udgangspunkt for at planlægge og prioritere arbejds- og maskinoperationer i præcisionsjordbrug.

En rationel og effektiv håndtering af data fra de komplekse biologiske processer vil kunne være et bærende element i en videnbaseret fødevareproduktion i fremtiden. En udfordring med denne vision er, at der etableres systemer til effektiv indsamling af information om det primære produkt (plante, dyr etc.) og andre data, der beskriver produktets interaktion med omgivelserne.

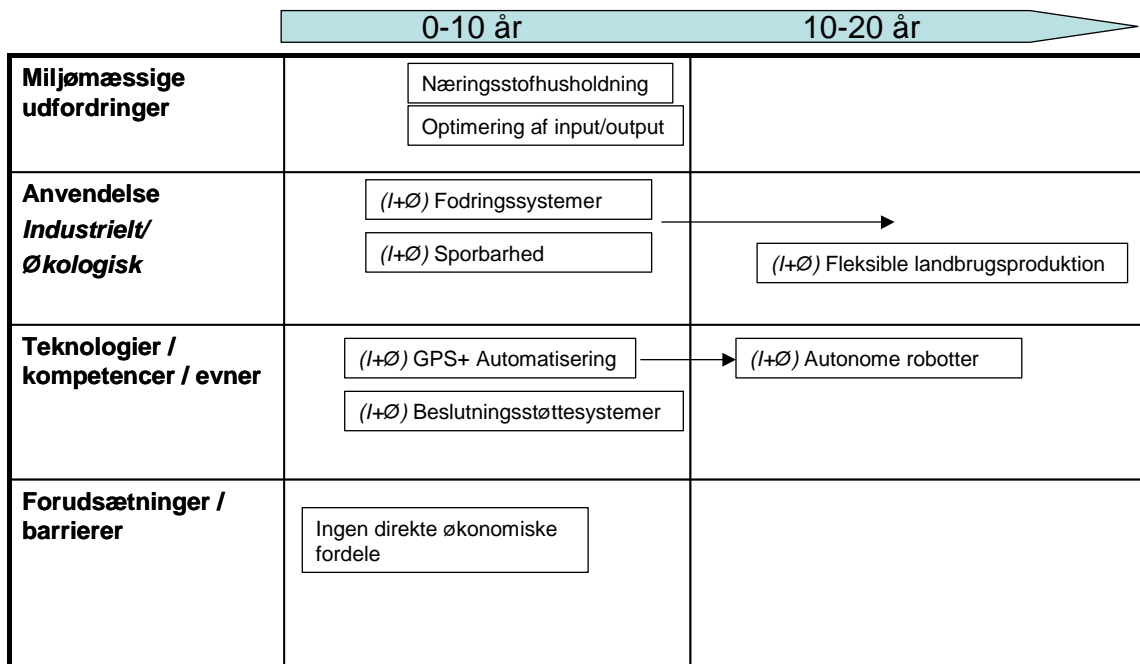
Produktionsdata kan ikke alene anvendes som dokumentation for produktionsprocessen, men også til at etablere kvantitative modeller af biosystemer, beslutningsstøtteværktøjer og managementprogrammer, der kan anvendes af myndigheder og landmænd til at træffe de bedste beslutninger.

Forudsætninger

De to største barrierer er økonomi og tradition. De fleste større ændringer i landbrugsproduktionen kræver betydelige investeringer. Det gælder især ny teknologi, og man ser derfor ofte, at det er de større brug, der går forrest i den teknologiske udvikling. De har større kapacitet både økonomisk og i produktionsenheder, og kan derfor lettere foretage den nødvendige investering.

Dertil kommer, at landbrugsproduktion for en stor del er baseret på langtidsplanlægning og investeringer. Derfor vil ændringer i produktionssystemerne ofte kræve adskillige år for ikke at miste allerede investeret kapital og arbejdsindsats.

Udviklingsveje for IKT



Anbefalinger

- Etablering af et IKT forum eller netværk af forbrugere, fødevareproducenter, landmænd og forskere, der kan medvirke til at beskrive muligheder og begrænsninger for anvendelse af pervasive computing i økologisk og industriel landbrug
- Standarder eller forskrifter for overvågning og lagring af data, samt metoder til tolkning af data med henblik på at understøtte systemer til dokumentation af fødevarernes produktionshistorie
- Forskning, udvikling og forsøg med IKT til: automatisk registrering af tilstande i miljøet (f.eks. næringsstoffer, pesticider og lugt); til automatisk overvågning og management af skadegørere i økologisk og industriel landbrug (f.eks. sensorer der kan lugte svampetilstande på afgrøder); automatisk overvågning af dyr og planter på naturarealer; automatisk sygdoms- og dyrevelfærdsovervågning, diagnosticering og management i husdyrproduktioner; arbejdstøj med henblik på at effektivisere manuelle observationer og registreringer i produktionen
- GPS- dokumentation af arbejdet og anvendelsen af gødning og pesticider, der f.eks. giver automatisk grundlag for fakturering af kunder, vejledning af ansatte og dokumentation for anvendelsen af hjælpepestoffer.
- "Tekniske markører", der eksempelvis registrerer temperatur, trykpåvirkning, CO₂, iltspænding, og som derved kan afsløre kvalitetsforringelser i en håndteringskæde (i lighed med intelligent emballage). Markøren iblandes materialet i en håndteringskæde (eksempelvis grovfoder) eller placeres i miljøet (billige lugtsensorer) og kan logge data. Den elektroniske kartoffel er et af de første eksempler på en "teknisk markør" i landbruget

3.3 Husdyrgødningsteknologi

Husdyrproduktion giver en lang række problemer på grund af husdyrgødningen. Der tabes i dag store mængder ammoniak til atmosfæren, og ved gødskning med husdyrgødning udvaskes større mængder nitrat end ved tilsvarende gødskning med mineralsk gødning. Der er ofte for højt indhold af fosfor i husdyrgødningen i forhold til planternes behov. Endeligt udsender gødningslagre metan, som er en kraftig drivhusgas.

Visionen er, at der ikke forekommer ammoniakemission fra stalde, og at husdyrgødning kan udnyttes ligeså effektivt som mineralsk gødning i 2024. Der må heller ikke forekomme metanemission fra gødningslagre.

Ved at forsure gyllen allerede i gyllekanalerne i stalden har indledende undersøgelser vist at tab af ammoniak reduceres med ca. 70 %³⁸. En anden metode til reduktion af ammoniakemission er kemiske luftvasker³⁹. Endelig kan viden om dyrs adfærd i stalddesignet sikre, at gødningen fra "husdyrtoiletter" sendes direkte ud i biogasanlægget uden tab af næringsstoffer eller energi.

Hvis gyllen separeres i en flydende fraktion og en fiberfraktion opnås også en adskillelse af N og P, således at næringsstofferne kan fordeles bedre og overdosering af P undgås. Den flydende fraktion med hovedparten af N-indholdet kan udnyttes ligeså effektivt som handelsgødning. Den store udfordring er at anvende fiberfraktionen optimalt (her findes hovedparten af P-indholdet), idet det resterende N-indhold er vanskeligt at udnytte. Fiberfraktionen kan nedfældes eller evt. udnyttes til energi ved termisk forgasning.

Hvis gyllebehandling integreres med biogasproduktion, opnås et energiudbytte, metantabet reduceres og gyllens udnyttelsesgrad i marken øges. Med biogas opnås flere miljøgevinster: CO₂-reduktion, bedre gødningsværdi af husdyrgødning (mineralisering), mindre udvaskning af næringsstoffer og en reduktion af lugtgener ved udbringning. BiogASFællsanlæg kan medføre en bedre omfordeling af gødning på landbrugsarealet, samtidig med at gylleseparering kan blive mere rentabel. Der er mange ideer under udvikling og afprøvning med henblik på at optimere den samlede proces til behandling af gødning. En interessant fremtidsorienteret vinkel er, at det er muligt at producere brint til brændselsceller direkte i biogasprocessen⁴⁰.

Visioner for teknologiens anvendelse

Teknologier til forbedret udnyttelse af husdyrgødning vil principielt kunne anvendes både i det industrielle og i det økologiske spor. Forbedret næringsstofhusholdning, f.eks. ved forsuring som mindsker tabet ved ammoniakfordampning, har størst værdi for det økologiske landbrug, som ikke kan suppleres med handelsgødning. Forsigtighedsprincippet kræver dog, at den enkelte teknologi vurderes nøje før anvendelse i økologi orienteret landbrug, og der udtrykkes således betænkelighed ved anvendelse af højteknologiske separationsteknikker, som giver rene næringsstoffraktioner, som ligner handelsgødning⁴¹. Det kan ligeledes tænkes, at tilsætning af større mængder svovlsyre til gødningen for at forsure den vil møde modstand i økologi orienteret landbrug.

I det økologiske landbrug, med krav om at dyrene færdes ude, afsættes en større del af gødningen på mark, og er derfor ikke tilgængelig for bearbejdning med nye teknologier. Ved afsætning af gødning direkte på græs er ammoniakfordampningen dog langt mindre end ved afsætning i stald, og sammen med det generelt lavere gødskningsniveau i økologisk landbrug betyder det, at kvælstoftabet på økologiske kvægbrug i dag er mindre end på konventionelle kvægbrug⁴².

Forudsætninger

Den fortløbende stramning af udnyttelseskravene til kvælstof og fosfor i husdyrgødning bidrager til, at landbruget har et incitament til at udnytte ny teknologi, som kan forbedre udnyttelsen. Det har dog endnu ikke bidraget til at reducere ammoniakfordampningen fra stalde ret meget, og man kan overveje tiltag, som fremskynder ammoniakreducerende teknologi.

Integration med energiproduktion (biogas, brint, termisk forgasning) er oplagt, og der er behov for at øge forskningen indenfor dette område. Udover forskning i energiprocesserne er der et stort behov for udvikling af gode systemer, som kan passe ind i landbrugets decentrale struktur og sikre en effektiv logistik og rimelig

38 Birkmose, T., (2004): Forsuring af gylle. I: Muligheder for reduceret kvælstofudnyttelse i marken og for reduktion af kvælstoftab. DJF rapport Markbrug nr. 103.

39 Forberedelse af Vandmiljøplan III (2004): Teknologiske virkemidler til nedbringelse af næringsstofbelastningen. www.vmp3.dk

40 Ingeniøren 23/4, (2004): Billig produktion af brint på biogasanlæg.

41 Økologisk Jordbrug nr 320 (2004): Værdier skal styre regler.

42 Kristensen et al., (2004): Omlægning til økologisk mælkeproduktion – konsekvenser for kvælstofomsætning, -udnyttelse og -tab. I: Muligheder for reduceret kvælstofudnyttelse i marken og for reduktion af kvælstoftab. DJF rapport Markbrug nr. 103

økonomi. Muligheder for kombinerede anlæg til behandling af husdyrgødning, tørring af foder m.m. skal følges. Det skal bemærkes, at forsuring vanskeliggør efterfølgende energiudnyttelse af gyllen. Forsuring kan derfor betragtes som en overgangsteknologi, der i de kommende 10-20 år kan minimere ammoniaktabet, men derefter afløses af mere intelligente staldsystemer integreret med energiproduktion.

Det er nødvendigt at tage hensyn til dyrevelfærden ved udvikling af husdyrgødningssystemer, og der kan nemt opstå modstridende interesser. F.eks. har dybstrøelsesstalde fået en betydelig udbredelse, fordi de opfattes som bedre for dyrene, men den efterfølgende gødningsudnyttelse er dårligere end i gyllesystemer.

Udviklingsveje for Husdyrgødningsteknologi

	0-10 år	10-20 år
Miljømæssige udfordringer	Lugtgener ved udbringning Ammoniakfordampning Næringsstofftab Drivhusgasemission	Ammoniak fordampning Næringsstofftab Drivhusgas
Anvendelse Industrielt/ Økologisk	(i+Ø) Afgasning -Biogas (I+Ø) Opdeling i organisk N+P (I) Reduktion af ammoniakford.	(I+Ø) Brint (I) Mineralske N + P-gødninger
Teknologier / kompetencer / evner	Gylleseparering Forsuring af gylle	Integration med energiteknologi
Forudsætninger / barrierer	Stramning af udnyttelseskra- vne af N+P Forskning i integration med energi Effektiv logistik Hensyn til dyrevelfærd	

Anbefalinger

- Krav om ny teknologi til reduktion af ammoniakemissionen ved udvidelse af husdyrproduktionen i nærheden af sårbare naturområder vil kunne drive udviklingen
- Forskning og udvikling i optimale kombinationer af gylleseparation og energiproduktion evt. integreret med fodertørring, foderproduktion o.l. er påkrævet
- Udvikling af staldsystemer og systemer for fritgående dyr, som integrerer høj dyrevelfærd og optimal gødningsudnyttelse
- Teknologierne skal udvikles i et helhedsorienteret perspektiv (systembetragtning)
- Bedre rammebetingelser for produktion af biogas og anden energi fra husdyrgødning

3.4 Biomasseteknologi

Omdannelse af biomasse til energi og industrielle råmaterialer er nuværende og kommende teknologier med stor samfundsmæssig relevans og potentiale, hvilket både EU-Kommissionen⁴³ og IEA⁴⁴ har påpeget.

Biomasse kan udnyttes som supplement i energiforsyningen. På kort sigt er der tale om mere traditionelle energianvendelser såsom afbrænding af plantemateriale, biogas fra husdyrgødning og byaffald samt flydende bio-brændstoffer (f.eks. ethanol, biodiesel). På længere sigt betyder de seneste fremskridt inden for biologi og ingeniørvidenskab, at anvendelsesområderne kan omfatte bio-processer til at indfange, binde og

43 European Commission (2002): Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply, COM(2002) 321

44 IEA Bioenergy (2002): strategic plan 2003-2006

fiksere kuldioxid for permanent lagring, samt produktion af brint til brændselsceller. Via forgasning af biomasse til brint kan man få mere end 80 % af den bundede energi frigivet⁴⁵.

Visionen er at udvikle bæredygtig produktion af afgrøder i landbruget, hvor hele den overjordiske biomasse kan benyttes til energiformål evt. parallelt med produktion af fødevarer, foder og høj-værdi materialer så som miljøvenlige komposit og plastmaterialer⁴⁶.

Processerne til udvinding af plantematerialernes eftertragtede komponenter er lange og komplicerede, men da processerne er ens, hvad enten man er ude efter at isolere planternes cellulose til fibre eller glukosen, som bruges til fremstillingen af f.eks. bioethanol, vil det være rentabelt at lægge en produktion af de to komponenter i forbindelse med hinanden. Fibrene kan isoleres ved enten en mekanisk proces eller ved tilsætning af enzymer eller kemiske midler som f.eks. syre eller natriumhydroxid. Udviklingen inden for enzymteknologi vil kunne gøre processen rentabel. Kendskabet til udnyttelse af cellulosefibre i forbindelse med stærke materialer er endnu begrænset, og der ligger et stort grundforskningsarbejde forude, før vores viden er fyldestgørende.

OECD forventer, at udnyttelsen af bioenergi kan vokse til det dobbelte frem til år 2020 og med potentiale for mere. EUREC Agency⁴⁷ forventer, at biomasse kan bidrage med op mod 30 % af EU's primære energibehov. Det handler om at finde de bedst egnede planter, og lære hvilke af dem, der egner sig bedst til en forædling (evt. ved hjælp af genteknologi), der gør dem i stand til at yde lettilgængelig bioenergi. Pil er igennem 1990'erne blevet forædlet, således at udbyttet af de nyeste sorter er øget med mere end 60%, og i elefantgræs findes en genetisk variation, som vil kunne udnyttes til en tilsvarende effektiv forædling⁴⁸. Flerårige energiafgrøder har den sidegevinst, at de kan reducere kvælstofudvaskning, og samtidig give vildtet bedre levevilkår. Endelig er det vigtigt at udvikle teknologier til forbehandling af biomassen, så biomassen mere effektivt kan omsættes til energi og ikke blot som afbrænding i kraftværker, hvilket på sigt er for ineffektivt⁴⁹.

Bioraffinaderier kan være et essentielt bidrag til skridtet fra de nuværende fossile brændstoffer til en økonomi der baseres på vedvarende energi. Med de seneste fremskridt inden for biologi og ingeniørvidenskab, herunder forbehandling af biomasse⁵⁰ vurderes teknologien at have en lovende fremtid inden for landbruget^{51 52}. Et bioraffinaderi er en proces- og omdannelsesfacilitet, der separerer biomasse råmaterialet i separate komponenter og omdanner disse til kommercielle produkter. Bioraffinaderier kan være baseret på en tørraffinerings-proces, hvor der produceres fibre, proteiner og kulhydrater eller en våd-process (grønne bioraffinaderier), hvor der fokuseres på fremstilling af bioethanol og afledte produkter heraf. Det kan også tænkes, at der i fremtiden udvikles anlæg som kombinerer de to systemer.

Udover de teknologiske aspekter tager bioraffinaderikonceptet hensyn til bæredygtighedskriterier og indarbejdelse af teknologier i den regionale infrastruktur. Da bioraffinaderier understøtter en

45 Tetzlaff, K-H (1999): Das Treibhausproblem lösen und die Energiekosten senken - das geht Kohlenstoffrecycling: der andere Weg in eine emissionsfreie Energiewirtschaft ISBN: 3-8265-6631-9

46 Hans Larsen, Jens Kossmann and Leif Sønderberg Petersen (eds.) (2003): New and emerging bioenergy technologies. Risø Energy Report 2. Edited by Risø National Laboratory, 48 p., ISBN 87-550-3262-1

47 The future of renewable energy 2 (2002): EUREC Agency

48 Jørgensen, U., Mortensen, J. & Ohlsson, C., 2003. Light interception and dry matter conversion efficiency of miscanthus genotypes estimated from spectral reflectance measurements. *New Phytologist* 157, 263-270.

49 Larsen, H.; Kossmann, J.; Sønderberg Petersen, L. (eds.), Risø energy report 2. New and emerging bioenergy technologies. Risø-R-1430(EN) (2003)

50 Thomsen, A.B., Schmidt, A.S., Toftegaard, H., Pedersen, W.B., Woidemann, A., Lilholt, H. Natural plant fibre composites based on wet-oxidised wheat straw and polypropylene. *Proceedings of 4th European Symposium on Industrial Crops and Products*, Bonn, Germany, 1999. 762-771.

51 Gylling M, Pedersen S.M og Boon A. (1999): Non-food produktion fra landbrugsafgrøder – analyser og vurderinger vedrørende markedsmæssige, organisatoriske og økonomiske forhold, rapport nr. 112, Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut. 140 p.

52 Bagger C, Pedersen S.M., Gylling M (2004): Biorefinned proteins from rapeseed – economic assessment and system analysis, FØI – working paper no. 03/2004, Fødevareøkonomisk Institut, KVL, 27 p.

alternativ udnyttelse af land og tilbyder nye produkter, er visionen, at fleksibiliteten og konkurrencekraften i landbrugssektoren forbedres.

Visioner for teknologiens anvendelse

Biomasseteknologi tilbyder sig til det industrielle såvel som det økologiske landbrug, da teknologiudviklingen i høj grad handler om at forbedre procesteknologierne. Planterne kan forbedres ved hjælp af gensplejsning, hvilket i så fald kun vil komme industrilandbruget til gavn.

I industrilandbruget kan der blive tale om storproduktion af energiafgrøder og levering til centrale værker i stil med dagens levering af halm til kraftvarmeværkerne. Hermed kan opnås stordriftsfordele og høj energieffektivitet på værket. I økologi orienteret landbrug er det vigtigt ikke at miste næringsstoffer ved energiproduktionen, og derfor kan biogasproduktion (evt. kombineret med ethanol- eller brintproduktion) blive en nøgleteknologi⁵³. Ved at integrere biogasproduktion i økologi orienteret landbrug kan desuden opnås en bedre næringsstofudnyttelse og reduceret nitratudvaskning. I tråd med nærhedsprincippet vil der i økologi orienteret jordbrug fokuseret på decentrale anlæg.

I elproduktionen vil bioenergiafgrøder effektivt kunne mindske drivhuseffekten ved at erstatte fossile brændsler. Brug af biomasse til kraftvarmeproduktion øger forsyningssikkerheden ved at mindske behovet for fossile brændstoffer. Inden for en overskuelig årrække vil brændselsceller kunne anvendes til effektiv elproduktion ud fra biobrændsler.

Forudsætninger

Det er vigtigt at diskutere emner som for eksempel konkurrencen om arealanvendelse og biomassemonokulturer i relation til diversiteten i landbrugslandskabet.

Konsekvenserne af, at planterester fjernes fra marksystemet år efter år, skal vurderes⁵⁴, og der skal udvikles dyrkningssystemer, som også sikrer jordens fremtidige frugtbarhed.

Der skal ske en fortsat udvikling af enzymer med henblik på en effektiv nedbrydning af planternes cellevægge.

Udviklingen vil være betinget af økonomisk rentabilitet i hele produktionskæden fra landmand til forarbejdningsindustri.

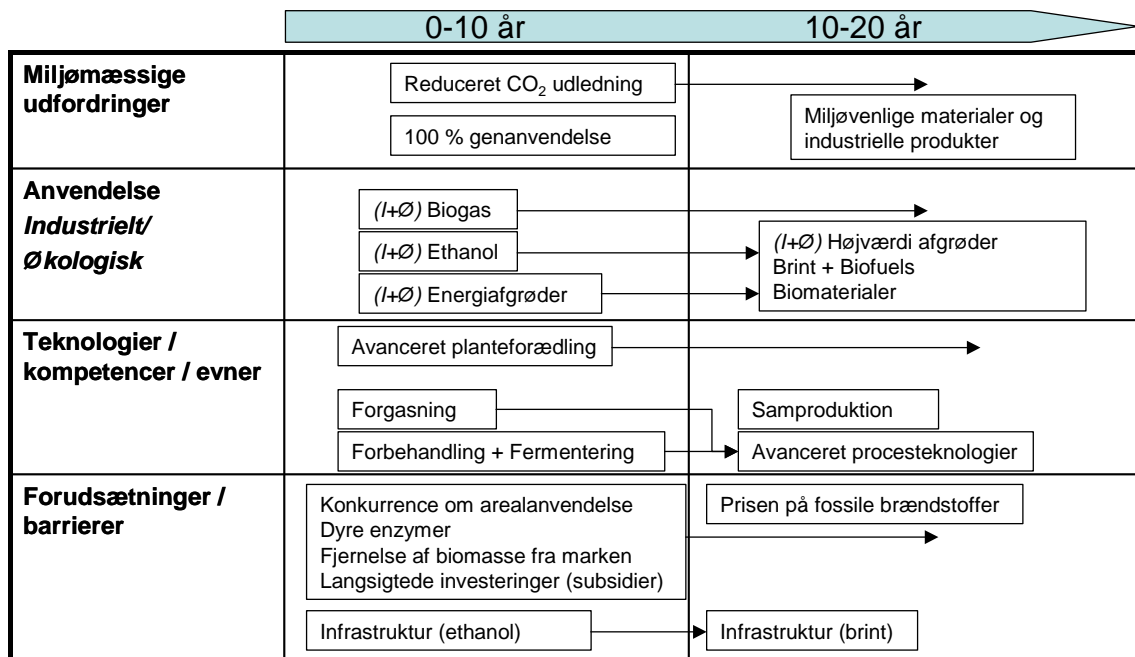
Væksten inden for området afhænger på den ene side af pris og forsyningen af råolie, energi- og afgiftspolitikken samt kvaliteten og tilgængeligheden af afgrøder, der kan bruges som råstof.

Risikovillig kapital er nødvendig for at etablere produktionsformer baseret på bioraffinering.

53 Jørgensen, U. & Dalgaard, T. (red.), 2004. Energi i økologisk jordbrug. Reduktion af fossilt energiforbrug og produktion af vedvarende energi. FØJO-rapport 19, 163 pp.

54 Science (2004) 304: 393

Roadmap for Biomasseteknologi



Anbefalinger

- Fremme udviklingen af nye metoder til produktion af biobrændstoffer ved at igangsætte fuldskala forsøgsanlæg for at drive den teknologiske udvikling inden for udnyttelse af biomasse – herunder nye høst- og omdannelses teknologier samt enzymteknologi
- Reducere afgifter på biobrændstoffer. Udredning og politisk stillingtagen til dyrkning af deciderede biomasseafgrøder. Herunder koordinering af landbrugs-, miljø- og energipolitik
- Fortsat udvikling af forgasnings- og brændselscelleanlæg baseret på biomasse, for at sikre en bæredygtig elproduktion
- Frembringe nye og mere effektive energiafgrøder ved traditionel forædling. Ved gensplejsning kan introduceres nye stoffer i afgrøderne, f.eks. plast eller farmaceutiske stoffer, som kan ekstraheres i bioraffinaderier før resten af afgrøden udnyttes til energi
- Forskning i sammenhæng mellem biomassefjernelse og jordens frugtbarhed, for at klarlægge de kritiske grænser for jordens indhold af organisk materiale

3.5 Dyrknings- og Jordbearbejdningsmeknologi

Intelligent udnyttelse af biologisk og jordbrugsfaglig viden kan være en effektiv strategi til minimering af miljøpåvirkningen fra landbruget. Det kan sammenfattes i begrebet ”godt landmandskab”, som i fremtiden kan forbedres ved brug af ekspertsystemer og avanceret IKT til formidling af den nyeste viden.

En vinkel til at angribe flere miljøproblemer på kan være at udnytte mangfoldighed i tid og rum.

Mangfoldighed i rum opnås ved at have mindre marker og ved samdyrkning af flere arter, f.eks. græsmarksafgrøder med forskellige arter, men også for enårige arter f.eks. kvælstoffikserende frøbælgplanter og korn⁵⁵.

Diversitet i rum og tid har desuden stor betydning for en effektiv udnyttelse af de givne næringsstofressourcer. Der er et stort behov for at ”lukke hullerne” i næringskredsløbet i det dyrkede land. Tabet af næringsstoffer forekommer typisk på de tidspunkter, hvor jorden er uden afgrøder, og en øget

⁵⁵ Thorsted, M.D. & Nielsen, E., 2002. Pløjefri dyrkning er også samdyrkning af korn og kløver. Landsbladet Agro 32, p. 28.

anvendelse af flerårige afgrøder kan reducere tabet af næringsstoffer og brugen af pesticider. Ved at bruge efterafgrøder som grøngødning i den næste afgrøde forbedres recirkuleringen af næringsstoffer. Nye typer efterafgrøder ser endda ud til at kunne gå meget dybere i jorden på jagt efter tabte næringsstoffer⁵⁶.

Et godt sædskifte er afgørende for at minimere miljøpåvirkningen, men i nogle år har den viden været trængt i baggrunden, fordi man kunne gøde og sprøjte sig ud af problemerne ved dårlige sædskifter. Et eksempel på ny viden er, at den traditionelle placering af vinterhvede efter kløvergræs i sædskiftet giver anledning til et stort kvælstoftab⁵⁷.

Traditionel jordbehandling er energikrævende, øger omsætningen af organisk stof og har i enkelte tilfælde forringet jordens struktur. Reduceret jordbehandling, evt. pløjefri dyrkning, kan forbedre jordens struktur, øge indholdet af organisk stof og mangfoldigheden af fauna og mikroorganismer samt nedsætte tabet af næringsstoffer til det omgivende miljø.

Visioner for teknologiens anvendelse

Mangfoldighed og recirkulering er to fundamentale principper i relation til dyrkningsteknologi i økologi orienteret landbrug, og øget fokus på dette i det industrielle landbrug kan vise sig som en væsentlig miljøgevinst. En væsentlig del af dyrkningsteknologien i økologi orienteret landbrug er baseret på forsigtighedsprincippet, hvilket indebærer forbud mod brug af pesticider og krav om lavere inputniveau af næringsstoffer. Man kan således vælge at opfatte økologi orienteret landbrug som ét teknologivalg, der integrerer en række dyrkningsprincipper og udnyttelse af viden med henblik på at minimere miljøpåvirkningen.

Benyttelse af teknologi til reduceret jordbearbejdning er derimod næsten alene aktuelt i industrilandbrug, da det giver en stor afhængighed af pesticider til ukrudtsbekæmpelse. Det er dog muligt, at der kan udvikles systemer til reduceret jordbearbejdning, som ikke er afhængige af kemisk ukrudtsbekæmpelse.

Forudsætninger

Forbedret dyrkningsteknologi kræver forskning i metoder og systemer i lige så høj grad som udviklingen af "hardware-teknologier". Der er således et udpræget behov for samspil med brugeren om udvikling af forbedrede dyrkningssystemer og behov for gode ekspertsystemer til formidling af den nye viden.

Dyrkningssystemer som indebærer ekstensivering vil ofte medføre driftsøkonomiske tab, hvilket skal holdes op imod de mulige miljømæssige fordele. Tabene kan opvejes via øget betaling fra forbrugere, der er villige til at betale for miljøgevinster, eller via EU's landbrugsordninger.

Anbefaling

- Opbygning af vidensbank om sædskifter, jordbearbejdning m.m. i ekspertsystemer, som v.h.a. kommunikationsteknologi kan optimere landmandens valg i den enkelte valgsituation i marken
- Forskning i dyrkningssystemers økologi, således at der opnås et bedre vejledningsgrundlag
- Udvikling af ikke-kemiske ukrudtsreguleringsmetoder og indarbejdelse i ekspertsystemer
- Forskning i og udvikling af efterafgrøder, for at lukke hullerne i næringsstofkredsløbet

3.6 GPS – præcisionslandbrug

Præcisionsjordbrug er en driftsteknologi, der sigter på at variere brugen af hjælpestoffer som gødning og pesticider efter den enkelte marks varierende behov. Den er baseret på en stedsbestemmelse af markredskaberne ved hjælp af GPS samt en måling af stedsvariationen af en række faktorer, der har betydning for afgrødernes vækst og kvalitet. Blandt de vigtigste faktorer kan nævnes:

- Variationen i tidligere års udbytte, som kan bestemmes med en udbyttmåler monteret på mejetærskeren, og som siger noget om det varierende gødningsbehov

56 Thorup-Kristensen, K., 2004. Forslag til øget kvælstofeffekt af efterafgrøder ved optimeret artsvalg, management og placering. I: Muligheder for reduceret kvælstofudnyttelse i marken og for reduktion af kvælstoftab. DJF rapport Markbrug nr. 103.

57 Berntsen et al., 2004. Nitratudvaskning fra økologiske og konventionelle planteavlsbedrifter – simuleringer med FASSET bedriftsmodellen. Intern FØJO rapport nr. 56.

- Mængden og arten af ukrudt, som kan bestemmes med kamera monteret på traktoren og tilsluttet en computer, der indeholder program til genkendelse af de vigtigste ukrudtsarter
- Det varierende gødningsbehov bestemt ved hjælp af traktormonterede sensorer

Systemerne er langt fra færdigudviklet, det gælder især de algoritmer eller programmer, som skal behandle de observerede data og omregne dem til de varierende tilførselsmængder. Merudbyttet giver derfor endnu ikke økonomisk dækning for merudgifterne, men der er en betydelig miljømæssig gevinst i at opnå det samme eller lidt større udbytte ved brug af mindre mængder gødning og pesticider.

Visioner for teknologiens anvendelse i økologisk og industrilandbrug

Præcisionsjordbrug er en af de muligheder, hvor anvendelsen af IT, sensorer og robotter kan udnyttes til at tilpasse produktionen af råvarer (planter og dyr) til de stedsspecifikke forhold eller til planternes behov for næring, pasning og pleje. Arbejdskraftbesparelser, mindre forbrug af gødning og pesticider, mere ensartet kvalitet, bedre beskyttelse af miljøet og ikke mindst bedre driftsledelse er nogle af de perspektiver, der ligger i præcisionsjordbrug.

Forudsætninger

På trods af disse perspektiver er der i dag kun nogle få maskinstationer og større gårde, der praktiserer præcisionsjordbrug. Det virker nærmest som om, at flertallet af landmænd afventer at 'andre' anskaffer det nye, højteknologiske udstyr.

Den primære årsag til denne tilbageholdenhed er nok, at det er svært at påvise en økonomisk gevinst, hvis man ser isoleret på f.eks. varieret tildeling af næringsstoffer eller pesticider. Men det kan undre, at man ikke i højere grad ser på helheden, da gevinsten i de højt udviklede jordbrugssystemer kun kan opnås gennem en optimering af hele produktionssystemet. Måske afholder prisen på udstyret også mange fra at investere i præcisionsjordbrug. Men hvis dette er den eneste barriere, må man forvente, at tiden vil arbejde for en større udbredelse, da det næppe er landbruget selv, som kommer til at betale de samlede udviklingsomkostninger, fordi de vil blive fordelt mellem flere sektorer.

Ud over økonomiske barrierer skal noget af årsagen også findes i, at børnesygdomme i teknikker til præcisionsjordbrug også virker negativt på udbredelsen. Det biologiske beslutningsgrundlag er heller ikke

Udviklingsveje for Præcisionslandbrug

	0-10 år	10-20 år
Miljømæssige udfordringer	Reduceret brug af hjælpepestoffer	→
Anvendelse <i>Industrielt/</i> <i>Økologisk</i>	(I) Varieret og reduceret brug af handels-gødning og pesticider	→ (Ø) Varieret udsæd i blandingsafgrøder
Teknologier / kompetencer / evner	Algoritmer og programmer	→
Forudsætninger / barrierer	Forskning i systemerne og udvikling af markmaskiner og sensorer	→ Behov for varieret brug af hjælpepestoffer i økologisk jordbrug

udforsket eller integreret i teknikken, da forskningen i mange år har været fokuseret på enkeltløsninger.

Anbefalinger

- Gevinsten ved præcisionsjordbrug i de højt udviklede jordbrugssystemer kan kun opnås gennem en optimering af hele produktionssystemet.
- Der er behov for at udvikle software, der kan fortolke sensorernes opsamlede data til stedspecifik og afmålt tildeling af pesticider og gødning.

3.7 Automatisering

Strukturudviklingen og kravene til landbruget betyder, at ny teknologi, viden og uddannelse bliver afgørende for fremtidens plante- og husdyrproducent. Landbruget vil blive digitaliseret, dvs. at alle planter og dyrs livsforløb vil blive registeret, og robotter vil i stigende omfang overtage meget af det belastende eller tidskrævende arbejde. Automatisk fodring, klimastyring af stalde, malkebotter og satellitstyrede maskiner er blot eksempler på denne udvikling.

Ud over at kunne udføre trivielle og belastende opgaver, såsom lugning af ukrudt og rengøring af svinestalde, vil robotter også kunne indsamle informationer om planter og dyrs tilstande. F.eks. er det oplagt at lade robotter overvåge markernes behov for næringsstoffer og plantebeskyttelse eller det enkelte dyrs vækst og sundhedstilstand.

Ingen af de teknologier, der kan tænkes udviklet inden for de næste ca. 15 år, vil gøre landmanden overflødig. Det vil stadig være landmanden, som tager den endelige beslutning om f.eks. en pesticidesprøjtning, men han kan gøre det hjemme på kontoret. For forskere og udviklere af ny teknologi er derfor vigtig at sørge for, at biologien er tænkt ind i ny teknik.

Et af de områder, som har udviklet sig hurtigere end forventet, er anvendelse af robotter til landbruget. Malkerobotten er et eksempel på, at der på ganske få år kan udvikles en brugbar teknologi. Der er i dag 2200 malkekvægsbesætninger i verden med malkebotter. De 322 besætninger er i Danmark.

Det næste område som er på vej er meget nøjagtige systemer til autostyring af traktoren ved hjælp af GPS og en forud planlagt rute. Ideen med autostyring af traktorer er, at man ikke behøver at etablere kørespor eller anvende markører for at undgå overlap, når man sår, spreder gødning eller sprøjter. I USA anvender man ikke kørespor, og markører kræver meget store og tunge konstruktioner på grund af maskinernes bredde. Besparelsen ved at undgå overlap kan derfor let betale investeringen i en autopilot. En anden fordel er, at traktorføreren kan koncentrere sig om at overvåge de andre funktioner, som der udføres.

Forudsætninger

Udviklingen og anvendelsen af IT, sensorer og robotter i landbruget kan på mange måder sammenlignes med automatiseringen i 1950-60'erne. Dengang var den grå Ferguson, mejetærskeren og størstedelen af den øvrige automatisering med til at ændre markarbejdet radikalt. Landbruget tager stadigt større og større maskiner i anvendelse for at opnå større effektivitet, først og fremmest for at spare kostbar arbejdskraft. Men det er ingen naturlov, at de stadigt større maskiner er rationelle. Store maskiner kan være ineffektive, hvis de ikke udnyttes optimalt, eller hvis de er så komplicerede, at operatøren anvender dem forkert. F.eks. har de senere års forskning vist, at anvendes de store maskiner forkert kan det medføre sammentrykning af jorden med drænproblemer, dårlig frugtbarhed og erosion til følge.

Med andre ord er en vigtig forudsætning at landbruget begynder at forstå mulighederne ved tankegangen, at småt er godt. Samtidig skal biologien være tænkt ind i den ny teknik.

Visioner for teknologiens anvendelse

Der er flere umiddelbare områder, hvor det vil være naturligt at implementere robotter i landbruget, specielt når det gælder præcisionsarbejde eller monotont arbejde. Rutineprægede arbejdsoperationer kan afløses af robotter eksempelvis til lugning af ukrudt, høst og/eller kvalitetssortering af icebergsalathoveder samt effektiv vask og rengøring af svinestalde.

Herudover er der mange andre områder, hvor automatisering vil forbedre processtyring og kontrol. F.eks. på mejetærskere og roeoptagere, hvor der er mange enkeltprocesser, som kræver opsyn for at opnå en god funktion. Med det nuværende design er føreren bundet til at kontrollere fremdrift og indføring. Der vil kunne opnås en bedre funktion og et bedre arbejdsmiljø, hvis operationerne hver for sig blev automatiseret, og førerens opgave er at være operatør. Et trin videre i udviklingen vil være, at en operatør kan overvåge flere køretøjer f.eks. fra det primære og mest vigtige køretøj i ekvipagen.

Et ultimativt mål er at udvikle en flåde af koordinerende autonome traktorer eller selvkørende enheder. Systemteknologien vil kunne udnyttes ved flådestyring for operationer med flere koblede arbejdsgange, og ved operationer, hvor der indsættes flere enheder med forskellige redskaber, som er målrettet mod hver sin variation i arbejdet, f.eks. selektiv høst af maltbyg med et passende proteinindhold contra høst af den resterende afgrøde til foderanvendelse. Et andet eksempel kunne være ukrudtsbekæmpelse, hvor de tilstedeværende arter og ukrudtstrykket generelt set varierer særdeles meget over en mark. Her vil der være behov for forskellig redskabsekviperet af en hób af lugeroboter, for samlet set at opnå den bedst mulige funktion og fremdrift.

Anbefalinger

- Autonome/selvstændige robotter, der opererer intelligent i et usikkert miljø (for eksempel i en stald eller på en mark). Rutineprægede arbejdsoperationer kan afløses af robotter eksempelvis til lugning af ukrudt, høst og/eller kvalitetssortering af icebergsalathoveder samt effektiv vask og rengøring af svinestalde.
- Automatisk sygdomsovervågning og diagnosticering inden for animalsk produktion baseret på intelligent måleudstyr kan reducere behovet for behandling, og øger dermed dyrevelfærd – og folkesundhed. Erfaringer og teknologier fra sundhedssektoren kan genanvendes. Overvågningsteknologi er relevant både som makrosystemer (hele besætninger/flok/helheder) og som mikrosystemer (individniveau).
- Automatisk navigering af traktorer og maskiner i marken ved hjælp af GPS, der åbner nye muligheder for at begrænse kørsel til fastlagte ruter og dermed minimere belastningen af jorden
- Dynamisk planlægning af maskinflådens indsats og optimering af de enkelte maskiners indstilling og kapacitet ved hjælp af informationer/data fra indlejrede sensorer og software.

3.8 Staldsystemer

Reduktion af lugt- og ammoniakemission fra stalde er sammen med krav til dyrevelfærd, arbejdsmiljø og effektivitet de største udfordringer for den animalske produktion i Danmark. Et Grønt Teknologisk Fremsyn på staldområdet omfatter derfor udvikling af helhedsorienterede og langsigtede løsninger.

Lugtgener kommer fra stalde, opbevaring af foder (ensilage) og fra opbevaring og udbringning af husdyrgødning. Alle typer af husdyrproduktioner kan forårsage lugtgener. Den dominerende kilde til lugtgener stammer pt. fra svineproduktionen og her udgør slagtesvin sandsynligvis den største enkelt kilde til lugt. Der er derfor behov for forskning i og udvikling af stalde og systemer til den videre håndtering af husdyrgødningen, når den forlader stalden.

Udledning af lugt fra stalde stammer primært fra selve staldrummet via ventilationsluften. Typisk vil lugtintensiteten være relativt lav, men gener kan afhængigt af vindretning og -hastigheder være langvarige. Geneafstande vil typisk være fra hundrede meter op til ca. én kilometer.

Problemer med lugt fra gødningslagre og udbringning er primært knyttet til gylle. Lugtudledningen opstår, når gyllen spredes over store arealer, og generne kan være betydelige, og geneafstanden vil sandsynligvis kunne strække sig over flere kilometer. Perioden er dog begrænset, men folk opfatter nok problemet som stort og ofte også mere konstant, idet samtlige marker rundt omkring f.eks. en landsby ikke nødvendigvis modtager gylle på samme tid, men måske over et større tidsrum.

Staldtypen har stor betydning for lugtproblemet. Alt andet lige lugter en åben stald mindre end en lukket stald med mekanisk ventilation. Dette hænger sammen med, at staldtemperaturen i en åben stald normalt vil være lavere end i en mekanisk ventileret stald. En stald med spalter og gyllekanaler lugter alt andet lige mere end en stald med dræning af urin og hyppig udrensning af fæces. Mange lugtstoffer er bundet til urin og frigives, når gødning og urin blandes sammen. Der er behov for forsøg med forskellige typer svine-, kvæg- og fjerkræstalde. Resultatet herfra vil være essentielt for den fremtidige miljøregulering og diskussion om, hvor meget det må lugte i henholdsvis byzone, landsbyer og ved boliger i det åbne land.

De anaerobe mikrobielle processer i gylle og beskidte overflader udvikler generende lugtstoffer. Hyppig fjernelse af gylle reducerer derfor alt andet lige lugtudledningen. Jo større overflader lugtstoffer kan fordampe fra, desto mere lugt afgives der sammenlagt. Udformning af inventar og andre bygningsoverflader påvirker derfor lugtudledningen. En hypotese er, at fæces og urin binder sig forskellig til forskelligt materiale og inventarudformning. Staldens renhedstilstand påvirker ligeledes lugtproblemets omfang. En ren stald lugter mindre end en beskidt stald.

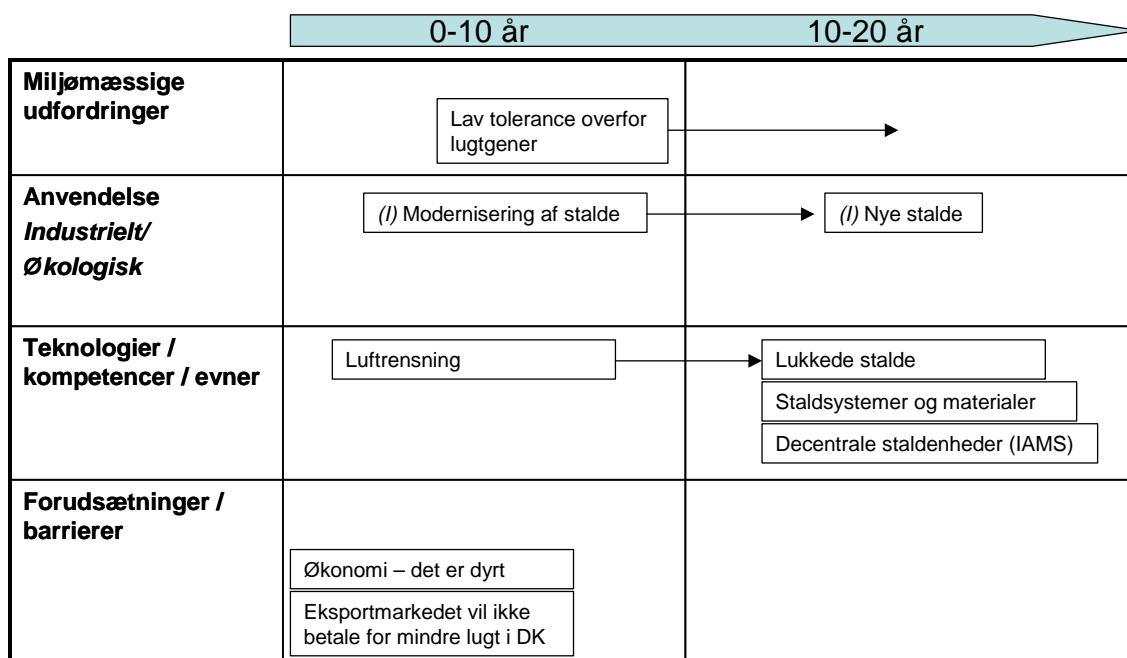
Visioner for teknologiens anvendelse

Svinestalde skal i fremtiden indrettes, så der er mulighed for anvendelse af beskæftigelsesmateriale til grisene. Der skal videreudvikles en sti-unit, som kan indpasses i bygninger uden gyllekanaler, men hvor gødningshåndteringen f.eks. er en del af selve stiens bund. Der skal styres målrettet mod udvikling af en næsten lugtfri stald, som også er økonomisk konkurrencedygtig i forhold til traditionelle stalde.

Forudsætninger

Der er behov for udvikling af gyllebaserede lav-emissionsstalde - f.eks. stier med V-formede kummer som en integreret del af sti-unit. Desuden bør man undersøge muligheden for anvendelse af lette hygiejniske materialer som glasfiber eller plast til kanaler - det vil sige glatte og rengøringsvenlige materialer.

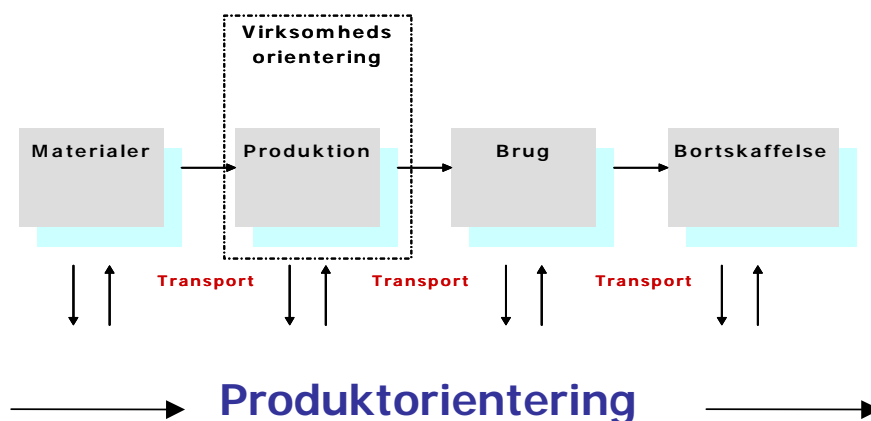
Udviklingsveje for Staldteknologi



4 Fremme miljøvenlig teknologi med fokus på produkterne

For at fremme anvendelsen af miljøvenlige teknologier i fødevarerproduktionen er der brug for et koncept, der kan synliggøre slutprodukternes egenskaber, og hvad der er gjort for at sikre miljøet gennem hele fødevarekæden. En vision for fremtidens miljøvenlige landbrugsproduktion er, at alle led i produktkæden kender historien om, hvordan de enkelte landbrugsprodukter er blevet til. I denne sammenhæng må miljø sandsynligvis tænkes sammen med andre parametre som dyrevelfærd, anvendelse af GMO osv.

For at dette kan lade sig gøre må fødevarernes tilblivelse kunne dokumenteres på en standardiseret, accepteret og gennemskuelig måde. Derfor bliver dokumentation af produkternes historie en vigtig opgave i fremtiden (se afsnittet ”Informations og Kommunikations teknologi (IKT)”). Moderne informationsteknologi betyder, at der er næsten ubegrænsede muligheder for at dele den information, som producenterne allerede har, med omverdenen. Den store udfordring er at give den så præcist, enkelt og brugbart som muligt.



Baggrund

I Danmark blev den produktorienterede miljøpolitik for alvor sat på dagsordenen i regeringens Natur- og Miljøpolitiske Redegørelse fra 1995. Livscyklus- og produkttankegangen har også en fremtrædende plads i Danmarks nationale strategi for bæredygtig udvikling ”Udvikling med omtanke - fælles ansvar” fra juni 2001. Den danske strategi for bæredygtig udvikling skal ses i sammenhæng med de internationale bæredygtighedsstrategier, som f.eks. EU’s 6. miljøhandlingsprogram.

Produktorientering er, som det ses af ovenstående, et relativt nyt begreb indenfor miljøpolitikken⁵⁸. Tidligere har miljøindsatsen primært været rettet direkte mod bestemte miljøskadelige stoffer (f.eks. regulering af tungmetaller, nitrat osv.) eller mod bestemte stedspecifikke problemer (f.eks. reguleret med miljøgodkendelser).

Den produktorienterede indsats er mere helhedsorienteret i sin tilgang, idet den tager udgangspunkt i produktet og omfatter alle de processer det gennemløber fra råvare til endelig bortskaffelse. Derved søger man at omfatte alle miljøpåvirkninger (både de der hidtil er blevet reguleret og de ikke-regulerede) uanset hvor i produktets livscyklus, de opstår. Den produktorienterede tilgang er ikke et alternativ, men derimod et supplement til den hidtidige stof- eller stedorienterede regulering.

⁵⁸ Dette afsnit er primært baseret på rapporten ”Produktorientering i landbrugets primærproduktion”, Arbejdsrapport Nr. 19, 2002, Miljøstyrelsen

Fokus flyttes altså fra de enkelte miljøpåvirkninger, der skal reduceres, til den samlede effektivitet i de processer og samspil, der er årsag til miljøpåvirkningerne. Især indenfor fremstillingsindustrien er der blevet udviklet en række nye redskaber til at håndtere denne udfordring, bl.a. livscyklusvurderinger, miljødesign af produkter og miljøledelse i produktkæden.

En af de væsentlige fordele ved en produktsynsvinkel er, at den giver et større overblik, netop fordi den søger at inddrage samtlige miljøpåvirkninger fra et produkt. Når man har overblik kan man fokusere på det væsentlige. Når man har overblik undgår man suboptimering, dvs. at løse et problem isoleret, uden at det samlede resultat er en forbedring.

Det overblik, der opnås via produkt-tilgangen, kan nedfældes som dokumentation, f.eks. til leverandører, myndigheder eller til kunderne, f.eks. i en miljøvare-deklaration. Men først og fremmest giver produktsynsvinklen et redskab til at understøtte valg, der reducerer miljøpåvirkningen mest muligt. Livscyklus- og produkttankegangen har indtil nu især fundet indpas i fremstillingsindustrien og kun i mindre grad i forbindelse med landbrugsprodukter.

Produktorientering i landbruget

Både for den enkelte landmand og for landbruget som helhed vil det at være i stand til også at udtrykke miljøpåvirkningen per produceret enhed på bedriften, og holde dette op imod tilsvarende normtal, sandsynligvis kunne føre til nye erkendelser, der kan påvirke forskellige dispositioner.

Forudsætninger

Det er en forudsætning for en produktorienteret indsats, at man overhovedet kan opgøre miljøpåvirkningen per produceret enhed, dvs. f.eks. per ton hvede, per kg slagtesvin, eller per 1000 kg mælk, og ikke som i dag kun per arealenhed eller per bedrift. Der er i Danmark og på internationalt niveau en række projekter i gang med at tilvejebringe og gøre denne type data tilgængelig.

På bedriftsniveau arbejdes der på at udvikle de eksisterende værktøjer til at generere grønt regnskab til også at omfatte produktdata⁵⁹. På denne måde bliver bedrifterne i stand til at levere produktbaserede oplysninger til de fødevarerforarbejdende virksomheder.

Etablering af en særskilt mærkningsordning for fødevarers miljøegenskaber, udover den økologiske mærkning, vurderes at være vanskeligt¹ og relativt omkostningstungt. Som alternativ til miljømærkning peges på en tendens til, at der i forbindelse med supermarkedskæders ”branding” stilles bestemte krav til produkter og produktionsformer, hvor kæderne altså foretager udvalget på forbrugernes vegne, og hvor de udvalgte varer så indgår i et samlet koncept for kæden. En sådan ”branding” kan også ske på initiativ af væsentlige aktører i aftagerleddet. Der er ikke tale om, at det enkelte produkt skal mærkes, men at kravene indarbejdes i et samlet koncept for ”Danske fødevarer.”

Mulighederne for at øge efterspørgslen efter fødevarer med dokumenteret lav miljøpåvirkning på de udenlandske markeder er ringe, da de danske virksomheder generelt er for små aktører på disse markeder. Dog bør det overvejes, hvorledes en dansk systemeksport af miljøvenlige teknologier på landbrugsområdet kan medvirke til en bevidstgørelse af forbrugerne på de lokale markeder, og dermed være med til at skabe nye markeder også for vore egne produkter.

For at styrke udbredelsen af den produktorienterede miljøindsats i landbrugserhvervet har Miljøstyrelsen i samarbejde med de involverede aktører nedsat et produktpanel for landbrugsområdet. Panelet skal skabe overblik over og forståelse for de kommende udfordringer på markedet og mulighederne for at fremme miljøforbedrede fødevarer, som er forankret hos relevante aktører. Se mere om panelet på

www.produktpanel-landbrug.dk

Anbefalinger

For at udbrede den produktorienterede miljøindsats er det afgørende at have én eller flere motiverende faktorer. Det kan være merpriser på produkter, sikring af markedsadgang eller bedre produktionsbetingelser. I forhold til andre virkemidler vil det imidlertid kræve uforholdsmæssigt store investeringer at forøge efterspørgslen efter fødevarer med dokumenteret lav miljøpåvirkning. Dette kan derfor ikke anbefales som en generel strategi. En undtagelse udgøres dog af det danske marked for offentlige indkøb, der kan påvirkes med en forholdsvis begrænset indsats.

⁵⁹ ”Miljøvurdering af landbrugsprodukter”, Miljøstyrelsen, ikke publ.

Det vurderes som vanskeligt at etablere en succesfuld mærkningsordning for fødevarers miljøegenskaber udover den allerede etablerede økologiske mærkning. Det må i stedet forventes, at konceptet for det røde økologimærke med tiden vil blive udvidet til at omfatte livscyklusaspekter og mere omfattende miljødokumentation, som det kendes fra de statsanerkendte miljømærker "Svanen" og "Blomsten," samt at det tilsvarende vil blive en større andel af den samlede landbrugsproduktion, der vil kunne opnå mærkning. Som et alternativ til miljømærkning kan der peges på en tendens til, at der i forbindelse med supermarkedskæders "branding" stilles bestemte krav til produkter og produktionsformer.

Den største styrke ved det produktorienterede miljøarbejde er imidlertid, at det er med til at pædagogisere. Dermed vises, at det er den samlede indsats i hele kæden, som er med til at reducere miljøpåvirkningerne fra landbrugsproduktionen.

5 Sammenfatning

Skov- og Naturstyrelsen har igangsat det Grønne Teknologiske Fremsyn om Miljøvenligt Landbrug med det formål at granske landbrugets miljømæssige udfordringer og foreslå teknologiske og strukturelle løsninger. Landbruget kan komme fra 2004 til 2024 med eller uden dialog; det kan ske planløst eller med omtanke. Det Teknologiske Fremsynet forsøger at skabe baggrunden for en dialog ved at syntetisere mulige fremtidige retninger for dansk landbrug med fokus på anvendelsen af miljøvenlige teknologier.

En nødvendig forudsætning for, at landbruget kan udvikle sig i en miljøvenlig retning er, at der forskes i miljøvenlige teknologier og metoder, og hvordan de bringes til anvendelse i praksis. Der er behov for en prioriteret forskningsindsats, der fokuserer på de problemer, der er forbundet med at minimere miljøproblemerne af landbrugsproduktionens negative påvirkninger af omgivelserne, øge dyrenes velfærd og finde nye veje og produkter for landbruget.

5.1 Mere end miljøvenlig teknologi

Miljøvenlige teknologier alene sikrer ikke et bæredygtigt landbrug i fremtiden. Der er brug for uddannelse og koncepter, som kan synliggøre og dermed fremme miljø- og naturvenlige teknologier i fødevareproduktionen, hvor landbrugsproduktionen kun udgør de første led.

Moderne informationsteknologi betyder, at der er uanede muligheder for at dele den information, som producenterne allerede har, med forbrugerne. Den store udfordring er at give den så præcist, enkelt og brugbart som muligt, ellers vil forbrugerne nemt kunne drukne i information.

For at udbrede den produktorienterede miljøindsats er det afgørende at have én eller flere motiverende faktorer for producenterne. Det kan være merpriser på produkter, sikring af markedsadgang eller bedre produktionsbetingelser. Dette indebærer tillige en fortsat indsats for at styrke landbrugets image.

Den største styrke ved det produktorienterede miljøarbejde er, at det er med til at samle og især synliggøre resultaterne af arbejdet med alle miljøvenlige teknologier i hele fødevareproduktionens produktkæde.

Dermed vises, at det er den samlede indsats i hele kæden, som er med til at reducere miljøpåvirkningerne fra landbrugsproduktionen.

5.2 Den brede dialog om teknologiernes anvendelse

Dette Teknologiske Fremsyn er fremkommet i dialog med et bredt sammensat panel af eksperter og landbrugets aktører. Formålet har været at stille de miljømæssige udfordringer for fremtidens landbrug overfor de teknologiske muligheder. Der har været mindre fokus på behovet for at beskytte og fremme naturværdier i det åbne land. Samtalerne er startet med at tegne en række mulige billeder af landbrugets struktur i fremtiden. Landbruget kan udvikle sig både i en intensiv såvel som en ekstensiv retning. Der kan forudses to spor, der gensidigt vil udfordre hinanden i fremtiden:

Industrielt orienteret landbrug: Intensiv kommerciel virksomhed, hvor teknologier først og fremmest anvendes med henblik på produktivitet, afkast og effektive miljøløsninger.

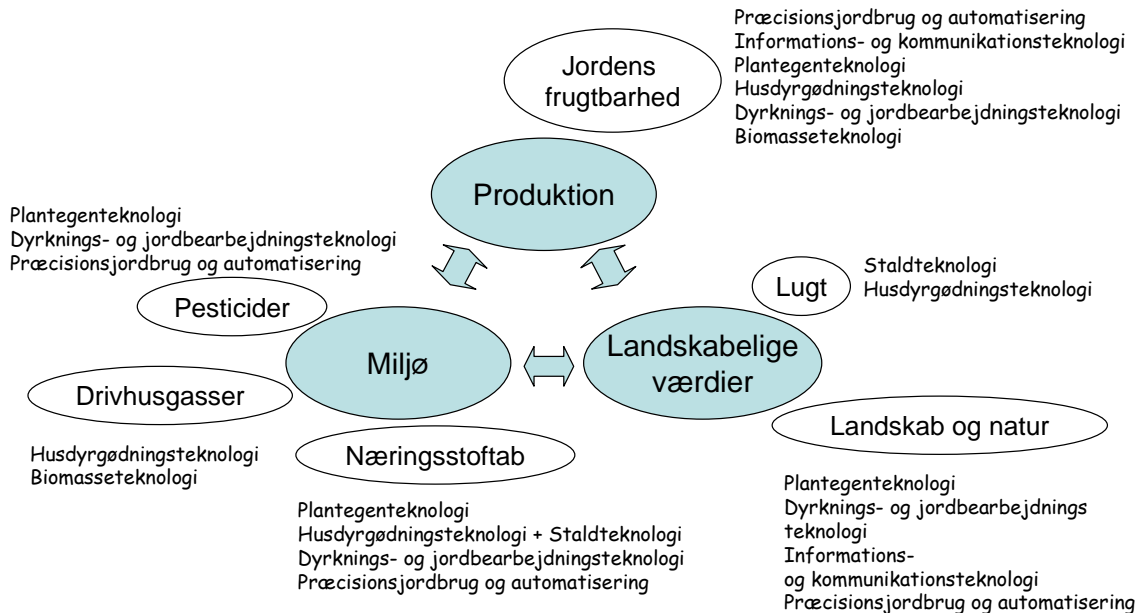
Økologi orienteret landbrug: Teknologierne vurderes i forhold til tre centrale principper; forsigtigheds-, recirkulerings- og nærhedsprincippet, mens et industri-orienteret landbrug baseres på teknologier, der bedst skaber forudsætninger for en rationel men miljømæssig forsvarlig produktion af specifikke råvarer.

5.3 Fremtidens landbrug

Fremtidens landbrug vil være helhedsorienteret og basere sig på viden og samarbejde mellem landbrugere, forskningsinstitutioner og myndigheder. Formålet med dette samarbejde er at skabe en dynamisk og langsigtet landbrugspolitik. Hensynet til miljøet, og udvikling af landskabelige og naturmæssige værdier samt optimal udnyttelse af ressourcerne, ses som en forudsætning for international konkurrenceevne på landbrugsprodukter. Årsagen er, at selv om det udenlandske marked ikke umiddelbart vil betale for investeringer i Dansk miljø og landskabelige og naturmæssige værdier, er der et stort potentiale for eksport af miljøteknologi til den internationale landbrugssektor. Samtidig er et grønt image et godt salgsargument på flere og flere markeder.

Fremtidens miljøvenlige landbrugsteknologier vurderes og udvælges i forhold til deres bidrag på 3 områder, hvor f.eks. driftsøkonomiske planer, grønne regnskaber og naturplaner indgår på lige fod.

Landbrugets tredobbelte bundlinie



Figur: Landbrugets tredobbelte bundlinie. Figuren viser, hvordan tre bundlinier – produktion, miljø og landskabelige og naturmæssige værdier – indgår som en helhed, når fremtidens miljøvenlige teknologier i landbruget skal udvælgles.

Produktion

Erhvervet skal kunne opretholde en lønsom og sund plante- og dyreproduktion. Dette opnås ved at lægge vægt på teknologier, der sikrer jordens frugtbarhed, giver driftsøkonomiske fordele, sikrer en forbedret kvalitet af føde og foder, og omfatter energiafgrøder og andre non-food afgrøder.

Visionen er at skabe balance mellem produktivitet og miljø inden for gældende rammevilkår, hvilket både gælder for industrielt og økologi orienteret landbrug. Begge typer landbrug kan udnytte naturens ressourcer ved at udnytte og eventuelt kombinere nye teknologier, der kan fremme eller fastholde effektiviteten samtidigt med at tabet af stoffer til det omgivende miljø reduceres. Men der er i begge systemer også behov for at fastholde ekstensive driftspotentialer med henblik på natur- og landskabspleje.

Miljø

Landbrugets aktiviteter skal kunne udføres uden negative konsekvenser for de omgivende fysiske rammer, herunder arealer, vand og luft, der kan påvirkes af spild fra landbrugsproduktionen.

Visionen er:

- 1) at minimere brugen af pesticider og andre miljøfremmede stoffer, ved at reducere ukrudt, sygdomme og skadedyrsproblemer med andre midler end pesticider og udnytte slam på en miljømæssig forsvarlig måde
- 2) at nedbringe landbrugets bidrag til udledningen af ammoniak og drivhusgasser (methan, lattergas, CO₂), gennem højere energiudbytte af foder og brændstof, samt produktion af biobrændsel (biogas, ethanol, brint)
- 3) at minimere tab af næringsstoffer ved en optimal udnyttelse og håndtering af husdyrgødning i planteproduktionen ved bedre sædskiftstyring, efterafgrøder m.m.

Landskabelige og naturmæssige værdier

Landbruget skal være med til at forvalte og skabe smukke landskaber, alsidig natur med flere levesteder af høj værdi for det vilde plante- og dyreliv, rent drikkevand og rekreative værdier.

Visionen er:

- 1) at fjerne lugtgener fra stalde og i forbindelse med udbringning af husdyrgødning
- 2) at øge den biologiske mangfoldighed i marken og dens omgivelser ved en mindre og mere præcis brug af pesticider, samt at undgå ammoniakfordampning fra stalde, husdyrgødningslagre og i forbindelse med udbringning
- 3) at skabe tilgængelig natur for eksempel gennem mere intensiv dyrkning på mindre arealer og mere ekstensiv dyrkning med mere varieret naturindhold i dyrkningsfladen
- 4) at genoprette naturarealer, herunder øge skovarealet, gennem omlægning, udtagning og ekstensivering af landbrugsarealer

Visionen fører således til fortsat gradvis reduktion af landbrugsarealet til intensiv drift og afspejler på den måde de tendenser i arealanvendelsen, der har været kendte de sidste godt 50 år.

5.4 Potentielle miljøvenlige teknologier

For hver teknologi er angivet dens perspektiver for henholdsvis produktion, miljø samt landskabelige og naturmæssige værdier.

Plantegentechnologi

Plantegentechnologi er kontroversiel, men kan ved en velovervejet anvendelse give en øget og miljøvenlig produktion og bidrage til landskabelige og naturmæssige værdier.

Perspektiver for teknologien er:

- at udvikle nye landbrugsprodukter med høj markedsværdi, baseret på planter der udnytter jordens og klimaets ressourcer optimalt
- at reducere tabet af næringsstoffer ved at fjerne, nedsætte eller ændre på planteindholdsstoffer, der forhindrer en effektiv foderudnyttelse i husdyrene
- at skabe modstandsdygtige afgrøder, som kan medvirke til øget biologisk mangfoldighed i marken

Mange af disse fordele kan opnås ved markørforædling, dvs. en løsning uden brug af gensplejsning. Dermed er teknologien også interessant for økologiske landbrug.

Plantegentechnologi har imidlertid kun en fremtid, hvis der skabes en nuanceret dialog om fordele og ulemper, hvor befolkningens skepsis overfor teknologien tages alvorligt. Det er derfor nødvendigt med en snarlig politisk stillingtagen om gensplejsede planters anvendelse, herunder en godkendelsesprocedure og mærkning, der tilgodeser befolkningens meget brede risikoopfattelse. Teknologien er stadig på et forholdsvis tidligt stade, og forskningsprogrammer inden for plantegentechnologi og risiko skal derfor opprioriteres.

Informations- og kommunikationsteknologi

Teknologien omfatter både beslutningsstøttesystemer og en mere effektiv kommunikation af nyeste viden om miljøvenlig landbrugsproduktion. Samtidig giver teknologien helt nye muligheder for overvågning, modellering og styring af biologiske miljøer.

Perspektiver for teknologien er:

- at produktionsdata kan anvendes til at etablere kvantitative modeller af det biologiske system samt beslutningsstøtteværktøjer og managementprogrammer, der kan anvendes af myndigheder og landmænd til at træffe de bedste beslutninger
- at informationen om dyr og planters opvækst kan give forbrugerne dokumentation for, at der er tale om sunde og sikre fødevarer, der er produceret miljøvenligt i hele forløbet 'fra jord til bord'
- at en rationel og effektiv håndtering af data fra de komplekse biologiske processer vil kunne være et bærende element i en videnbaseret fødevarerproduktion i fremtiden

Forbrugernes afstand til producenterne betyder, at detailhandelen spiller en vigtig rolle, når forbrugernes krav til kvalitet, fødevarer sikkerhed og miljøvenlig produktion skal kommunikeres ned gennem fødevarerproduktionens mange led.

Husdyrgødningsteknologi

Ved produktion af husdyr udledes i dag store mængder ammoniak. Ved gødskning med husdyrgødning udvaskes nitrat, som både bevirker eutrofiering og øget produktion af lattergas, som er en kraftig drivhusgas. Der er samtidig ofte også et for højt indhold af fosfor i gylle i forhold til planternes behov.

Perspektiver for teknologien er:

- at forbedre næringsstofhusholdningen og dermed forbedre udnyttelsen af ressourcerne i husdyrgødningen
 - at mindske næringsstofbelastningen af vandmiljøet samt af heder, overdrev og skove m.v.
 - at reducere lugtgener fra husdyrgødningslagre og ved udbringning (afgasning)
- Integration med energiproduktion er oplagt, men det kræver en øget forskningsindsats. Der er også behov for udvikling af gode systemer, som kan passe ind i landbrugets decentrale struktur og sikre en effektiv logistik og rimelig økonomi.

Biomasseteknologi

Biomasseteknologi handler om at forbedre og udvikle teknologier, der effektivt og billigt kan omdanne biomasse til energi og produkter af høj værdi. Biomasseteknologierne tilbyder sig til det industrielle såvel som det økologiske landbrug, men kan forventes at blive taget i brug i forskellig centraliseringsskala.

Perspektiver for teknologien er:

- at udvikle bioraffinaderi i kombination med biogas, der kan tilbyde nye produkter samt forbedre fleksibiliteten og konkurrencekraften i landbrugssektoren
- at landbruget kan blive nettoproducent af CO₂-neutral energi
- at dyrke flere lav-input energiafgrøder der kan øge diversiteten i landbrugslandskabet til gavn for dyrelivet
- at produktionen af biomasse i landbruget sker på arealer, der ikke har væsentlig værdi for beskyttelsen af vandmiljøet, det vilde plante- og dyreliv og landskabelige og naturmæssige værdier
- at mindske behovet for fossile brændstoffer og dermed øge forsyningssikkerheden og mindske udledning af drivhusgasser, ved brug af biomasse til kraftvarmeproduktion

Biomasseteknologi er et komplekst system af teknologier og produkter, der tilsammen har et potentiale til forøgelse af værditilvæksten af landbrugets produkter. Skal teknologien udvikles kræver det en tværfaglig forskningsindsats, hvor der tages højde for fremtidens energiinfrastruktur.

Dyrknings- og jordbearbejdningsteknologi

Intelligent udnyttelse af biologisk og jordbrugsfaglig viden kan være en effektiv strategi til minimering af miljøpåvirkningen fra landbruget. Det kan sammenfattes i begrebet ”godt landmandskab”, som i fremtiden kan forbedres ved brug af ekspertsystemer og avanceret IKT til formidling af den nyeste viden.

Perspektiver for teknologien er:

- at reduceret jordbearbejdning og dermed opnå besparelser i maskinparken og på energiforbruget
- at udvikle bedre sædskifter og lukke huller i næringstofkredsløbet med efterafgrøder, således at tabet af næringsstoffer minimeres
- at minimere miljøpåvirkning fra gødskning og sprøjtning ved hjælp af integrering af dyrkningsprincipper og udnyttelse af viden

Mangfoldighed og recirkulering er to fundamentale principper i relation til dyrkningsteknologi i økologi orienteret landbrug, og øget fokus på dette i det industrielt orienterede landbrug kan vise sig som en væsentlig miljøgevinst. For at udnytte potentialet i teknologierne kræves der en stor forskningsindsats for at få mere viden om agroøkosystemernes funktion og dynamik.

GPS og robotter - præcisionsjordbrug

Præcisionsjordbrug er en af de muligheder, hvor anvendelsen af IT, sensorer og robotter kan udnyttes til at tilpasse produktionen af råvarer (planter og dyr) til de stedspecifikke forhold eller til det enkelte dyr og planters behov for næring, pasning og pleje.

Perspektiver for teknologien er:

- at opnå besparelser i arbejdskraft, bedre driftsledelse og mere ensartet afgrøde kvalitet
- at reducere forbruget og tabet af gødning og pesticider samt eventuelt andre miljøskadelige stoffer

Gevinsten ved præcisionsjordbrug i de højt udviklede jordbrugssystemer kan kun opnås gennem en optimering af hele produktionssystemet. Der er samtidig behov for at udvikle software, der kan fortolke sensorernes opsamlede data til stedspecifik og afmålt tildeling af pesticider og gødning.

Staldsystemer

Reduktion af lugt- og ammoniakemission fra stalde er sammen med krav til dyrevelfærd, arbejdsmiljø og effektivitet de største udfordringer for den animalske produktion i Danmark. Et Grønt Teknologisk Fremsyn på staldområdet omfatter derfor udvikling af helhedsorienterede og langsigtede løsninger.

Perspektiver for teknologien er:

- at opnå bedre arbejdsmiljø og dyrevelfærd i staldene
- at minimere tabet af næringsstoffer og emissionen af gasser fra stalde og gødningslagre
- at reducere lugtgener fra husdyrproduktion

Der er behov for at udvikle og demonstrere helt nye typer stalde, der udnytter en vifte af forskellige teknologier og materialer.

Teknologivalg i industrielt orienteret og i økologi orienteret landbrug

I begge former landbrug kan der udnyttes nye teknologier med henblik på at mindske miljøpåvirkningen. Der kan dog være forskel på, hvordan teknologierne udnyttes, således som eksemplerne i tabellen viser. I det økologiske landbrug vurderes teknologierne i forhold til tre centrale principper: Forsigtigheds-, recirkulerings- og nærhedsprincippet. Visse teknologier som f.eks. gensplejsning afvises helt af det økologiske landbrug, mens afledte teknikker godt kan udnyttes til at forbedre økologisk planteforædling.

Eksempler på forskellige fremtidige anvendelser af teknologier inden for de to spor, der kan forudses for dansk landbrug

	Industrielt orienteret landbrug	Økologi orienteret landbrug
Gen-teknologi	Fuld udnyttelse af GMO, krydsning af artsbarrierer	Kun udnyttelse af genmarkører i traditionel forædling
Bioenergi-produktion	Halm og energiafgrøder til centrale kraftværker, ethanol- og RME-fabrikker	Husdyrgødning og N-fikserende energiafgrøder til decentrale biogasanlæg eller termiske forgassere
Automation	Malkerobotter i stalde	Malkerobotter på marken

5.5 Roadmaps for at imødekomme de miljømæssige udfordringer

Miljømæssig udfordring: landbrugets bidrag til at nedbringe udledningen af drivhusgasser

	0-10 år	10-20 år
Rammer / mål	<ul style="list-style-type: none"> •Kyoto •Klima 2012 (regeringens klimastrategi) •Energi 21 	<ul style="list-style-type: none"> •Post-Kyoto •Olieknaphed
Potentiel teknologi 1	<ul style="list-style-type: none"> • Husdyrgødningsteknologi 	<ul style="list-style-type: none"> • Husdyrgødningsteknologi
Miljøvision (Hvorfor)	<ul style="list-style-type: none"> •Reducere emission af methan, lattergas, CO₂ og lugt fra husdyrgødning •Reducerer nitratudvaskningen •Producere energi og bedre gødning 	<ul style="list-style-type: none"> •Lugtfri •Højere energiudbytte •Størrelsesfleksibilitet (muliggør decentrale anlæg) •Bidrage til bæredygtig udvikling af transportsektoren •Bedre affaldshåndtering og recirkulering
Mulige Virkemidler (Hvordan – økologisk og industrielt)	<ul style="list-style-type: none"> •Øget forskning (procesoptimering, råvareoptimering) og kommerciel udvikling (skabe markedsnicher) (I+Ø) •Biogasanlæg integreres med gylleseparation (I+Ø?) 	
Barrierer	<ul style="list-style-type: none"> Økonomi – langsigtet stabilitet Lugt fra biogasanlæg VVM-tilladelser Teknologien ikke tilstrækkeligt udviklet Transportbehovet Methan fra kvæg 	

Potentiel teknologi 2	<ul style="list-style-type: none"> •Biomasseteknologi (energi afgrøder, termisk forgasning, ethanol) 	<ul style="list-style-type: none"> •Biomasseteknologi (brint, evt. solceller frem for fotosyntese)
Miljøvision (Hvorfor)	<ul style="list-style-type: none"> •Afgørder som producerer CO₂ neutral energi (og evt. højværdiprodukter) 	<ul style="list-style-type: none"> •Landbruget netto-producent af energi •Landbruget samfundsøkonomisk optimal producent af energi •Bidrage til bæredygtig udvikling af transportsektoren
Mulige Virkemidler (Hvordan – økologisk og industrielt) Tilskud, forskning etc.	<ul style="list-style-type: none"> •Koordination af landbrugs-, energi- og miljøpolitik •Demonstrationsprojekter (I+Ø) •Genmodificerede-afgrøder (I) •Markørbaseret forædling (Ø) •Forbedret konkurrenceforhold for energi afgrøder i den nye CAP (I+Ø) 	
Barrierer	<ul style="list-style-type: none"> •Usikkerhed om langsigtet landbrugspolitik •Opskalering •Billig fossil energi Behov for nye energiråvarer (Fedt udsolgt) 	<ul style="list-style-type: none"> •Billig fossil energi?

Miljømæssig udfordring: Nedbringe brugen af pesticider og andre miljøfremmede stoffer

	0-10 år	10-20 år
Rammer / mål	<ul style="list-style-type: none"> •Pesticidhandlingsplan •Drikkevandsdirektiv •Offentlighedens interesse for rent, urenset drikkevand 	Lavere grænser for pesticidanvendelse, evt. 0.
Potentiel teknologi 1	•Plantegenteknologi	•Plantegenteknologi
Miljøvision (Hvorfor)	<ul style="list-style-type: none"> •Stærkt nedsat brug af pesticider •Frigivelse af landbrugsjord til naturarealer 	<ul style="list-style-type: none"> •Yderst begrænset brug af pesticider •Frigivelse af landbrugsjord til naturarealer
Mulige Virkemidler (Hvordan – økologisk og industrielt)	<ul style="list-style-type: none"> •Teknologivurdering for præcisering af mulige anvendelses områder (I) •Regulering på regionsniveau (I) •Gensplejsede planter (I) •Markørbaseret planteforædling (Ø) 	
Barrierer	<ul style="list-style-type: none"> •Nytteværdien synes for lav •Dialog med borgerne •Usikkerhed om langtidseffekter •Manglende viden generelt •Manglende politisk stillingtagen til teknologiens anvendelse 	


Potentiel teknologi 2	•Dyrknings- og jordbearbejdningsteknologi	
Miljøvision (Hvorfor)	<ul style="list-style-type: none"> •Klare ukrudtsproblemer med andre midler end pesticider •Udnytte slam på en miljømæssig forsvarlig måde 	•Klare ukrudtsproblemer uden brug af pesticider og genteknologi
Mulige Virkemidler (Hvordan – økologisk og industrielt)	<ul style="list-style-type: none"> •Lovmæssig indgreb overfor pesticidkrævende afgrøder (I) •Virkemidler der kan motiverer til anvendelse af særlige teknikker (I) •Slamanvendelse på særlige arealer (I) •Bedre kildesortering ved slamproduktion (I) 	
Tilskud, forskning etc.		
Barrierer	•Manglende teknologiudvikling	

Potentiel teknologi 3	•Præcisions jordbrug og automatisering	
Miljøvision (Hvorfor)	<ul style="list-style-type: none"> •Minimering tildeling af pesticider •Minimering tildeling af næringsstoffer 	
Mulige Virkemidler (Hvordan – økologisk og industrielt)	<ul style="list-style-type: none"> •Bedre information til landmændene om teknologiens muligheder (I+Ø) •Udvikling af programmer og algoritmer til analyse af behov og præcis tildeling (I+Ø) 	
Tilskud, forskning etc.		
Barrierer	•Manglende teknologiudvikling, især programmer og algoritmer	

Miljømæssig udfordring: Sikre jordens produktivitet

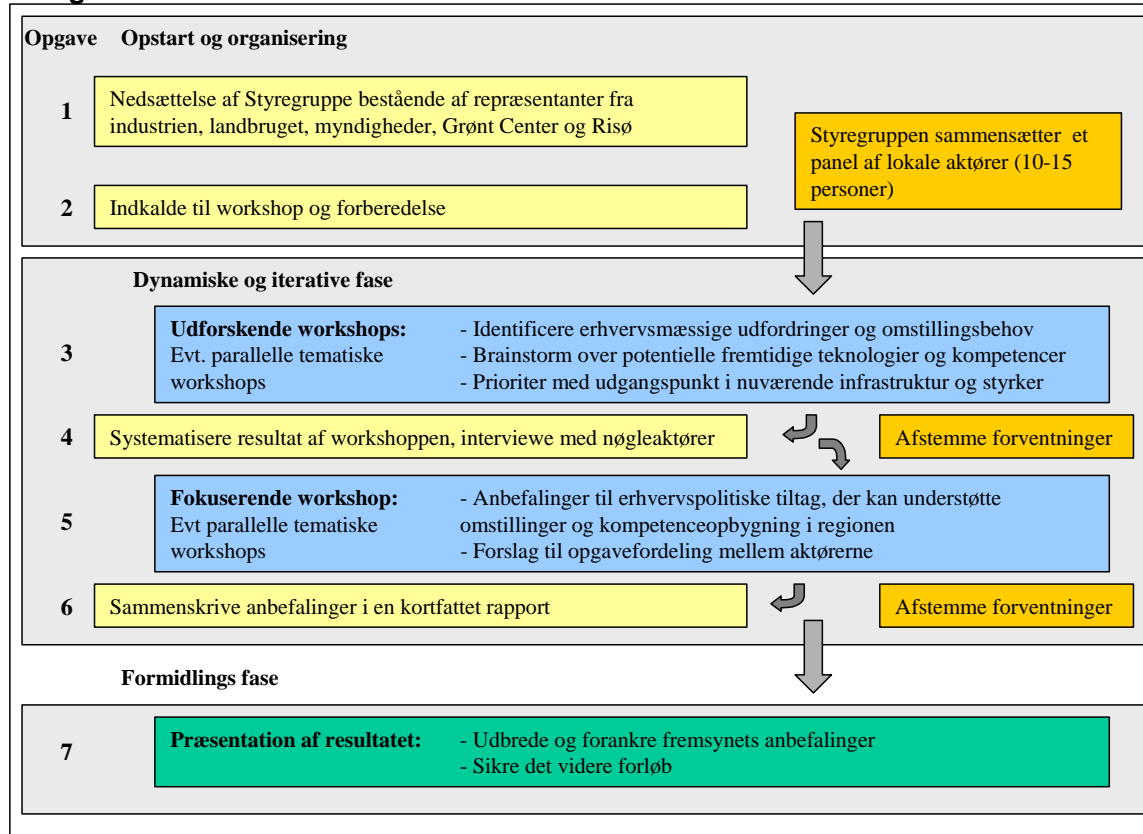
0-10 år

10-20 år

Rammer / mål	<ul style="list-style-type: none"> •Globale markedsvilkår •EU støtteordninger •Afgifter på pesticider, vand, gødning, energi osv. •Økonomisk bæredygtighed for den enkelte bedrift 	
Potentiel teknologier	<ul style="list-style-type: none"> •Præcisionsjordbrug og automatisering •Plantegentechnologi •Dyrknings- og jordbearbejdningsteknologi •Informations- og kommunikationsteknologi •Husdyrgødningsteknologi •Biomasseteknologi 	
Miljøvision (Hvorfor)	<ul style="list-style-type: none"> •Balance mellem produktivitet og miljø inden for gældende rammevilkår •Bedre udnytte jordens biologiske dynamik •Nye miljøvenlige produkter (bioplast, komposit) 	<ul style="list-style-type: none"> •Mindre afhængighed af pesticider og kunstgødning •Undgå tab af ressourcer (husdyrgødning, biomasse) •Mindre energiforbrug
Mulige Virkemidler (Hvordan – økologisk og industrielt) Tilskud, forskning etc.	<ul style="list-style-type: none"> •Afgifter på pesticider, vand, gødning, energi osv. (I+Ø) 	Forskning i jordens biologi og næringsstofkredsløb for at kunne fin-tune tildeling af N, pesticider etc. (I+Ø) Inddragelse af praktikere i forskning (operationel, praksis) (I+Ø) Forskning i jordens mikrobiologi (I+Ø)
Barrierer	<ul style="list-style-type: none"> •Modstand mod afgifter i landbruget •Svært få forbrugerne til at betale for de fulde omkostninger ved en mere miljøvenlig produktion i landbruget 	<ul style="list-style-type: none"> •For lidt viden om jordens biologi og økologi •Manglende operationel viden om N-kredsløbet, effekt af efterafgrøder, N-pulje osv.

Appendiks 1: Fremsynets design og organisering

Design



Hoved bidrag fra:

Arbejdsgruppen

Aktørpanel

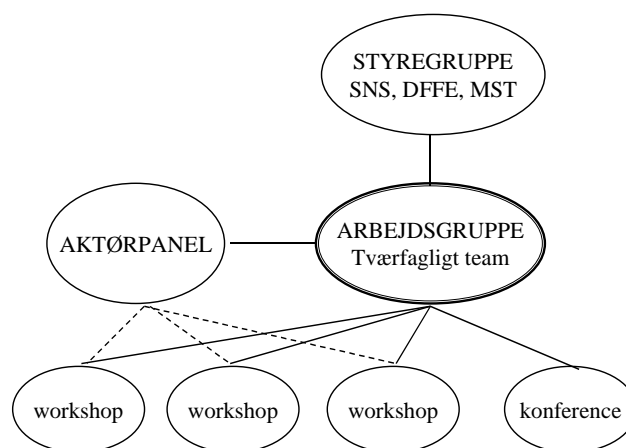
Styregruppe

Alle

Organisation

Styregruppe

Der blev nedsat en mindre styregruppe på 4 personer med repræsentanter fra Skov- og Naturstyrelsen (formand), Direktoratet for Fødevareerhverv, Miljøstyrelsen og Forskningscenter Risø (Projektansvarlig).



Organisationsdiagram for det Grønne teknologisk Fremsyn om miljøvenligt landbrug

Arbejdsgruppen

Arbejdsgruppen har til opgave at sikre det faglige fundament, og at facilitere processen så den resulterer i en fremsynsrapport af høj faglig kvalitet, der redegør for processens resultater, konklusioner og anbefalinger, om hvordan grøn innovation kan fremme et miljøvenligt landbrug - både mht. samfund, økonomi og miljø. Arbejdsgruppen består af en projektkoordinator og en række faglige ressourcepersoner, der både har en landbrugsmæssig baggrund og erfaringer med TF processer. Arbejdsgruppen indsamler og bearbejder baggrundsviden fra eget vidennetværk og fra dokumenterede fremadrettede projekter af international kvalitet på området. Arbejdsgruppen opsamler resultaterne fra de enkelte workshops og sørger for input og materiale til hver workshop i form af udredninger, diskussionsoplæg etc. Arten af dette materiale aftales i den foregående workshop. Desuden skal arbejdsgruppen designe hver enkelt workshop i overensstemmelse med det overordnede mål, og hvordan processen skrider frem. En vigtig opgave for arbejdsgruppen er at fastlægge form og mål for de enkelte workshops inden aktørpanelet mødes.

Aktørpanelet

Formålet med aktørpanelet er at inspirere arbejdsgruppen, og sikre at der bliver taget hensyn til så mange forskellige synspunkter som muligt. Dette gøres ved hjælp af workshops, hvor fremtrædende meningsdannere, forskere og beslutningstagere med viden, interesser og visioner inden for området kan interagere med hinanden og arbejdsgruppen. Aktørpanelet sammensættes med repræsentation af så mange videns- og interessedimensioner som muligt.

Workshops

I workshopkene ønsker vi at udspænde et spændingsfelt mellem de forskellige interesser og videndimensioner, som paneldeltagerne repræsenterer for derved at få en fremadrettet dialog. Vi opfatter her dialog som en åben kommunikationsform, der er orienteret mod gensidig forståelse. Forskelligheder mellem mennesker og perspektiver betragtes som interessante, fordi dialogerne kan krydsbefrugte vores forståelse af et emne eller tema og føre til nye indsigter og forståelser. Dialogen skal være en lærende proces hvor:

1. deltagerne "suspenderer" deres antagelser og undgår at være forudindtaget
2. deltagerne ser hinanden som ligeværdige
3. dialogen faciliteres for at fastholde dialogen i en bestemt kontekst

Facilitering

Faciliteringsmetoderne er valgt med særlig henblik på, at deltagerne arbejder efter en fælles forståelse, at deltagerens tid og viden udnyttes effektivt under workshopkene, og at resultaterne fremstår som et fælles resultat fra deltagerne. Facilitering er lige dele gruppodynamisk forståelse og anvendelse af "værktøjer", såsom de Bonos "six hats technique". Facilitering er derfor et væsentligt element i effektivisering af processen og væsentligt element til at nå opstillede mål inden for tidsrammen.

Dette Grønne Teknologisk Fremsyn har, med erfaring fra andre fremsyn og scenarieprocesser, valgt den metodik, at en arbejdsgruppe skitserer nogle muligheder, som en ekspertgruppe bygger videre på ved en

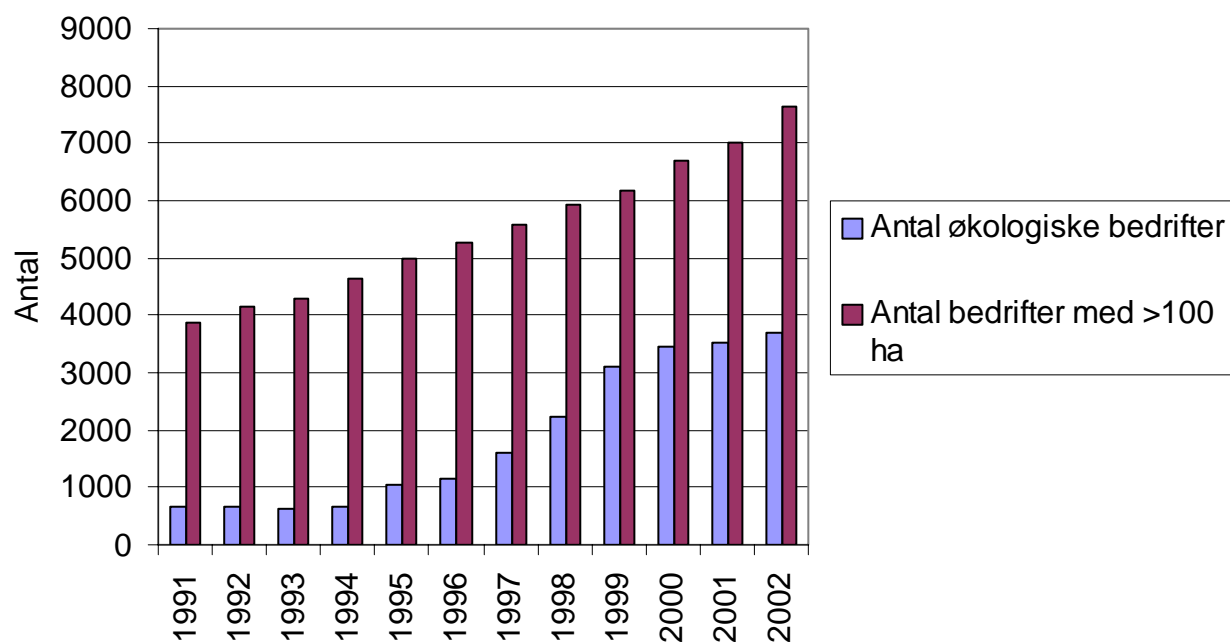
workshop. Ekspertgruppen er udvalgt således, at gruppens holdninger og erfaringer er både vidtspændende og på et højt niveau inden for området.

Den information deltagerne giver, og de beslutninger, om man vil, som en sådan gruppe umiddelbart kan bidrage med, viser sig som oftest at være "korrekte" sådan at forstå, at en mere vidtgående diskussion sjældent ændrer væsentligt ved det billede som tegnes. Der er ikke nogen objektiv sandhed om et billede af fremtiden. Efter hånden som visionerne tegner sig, formulere arbejdsgruppen det faglige indhold.

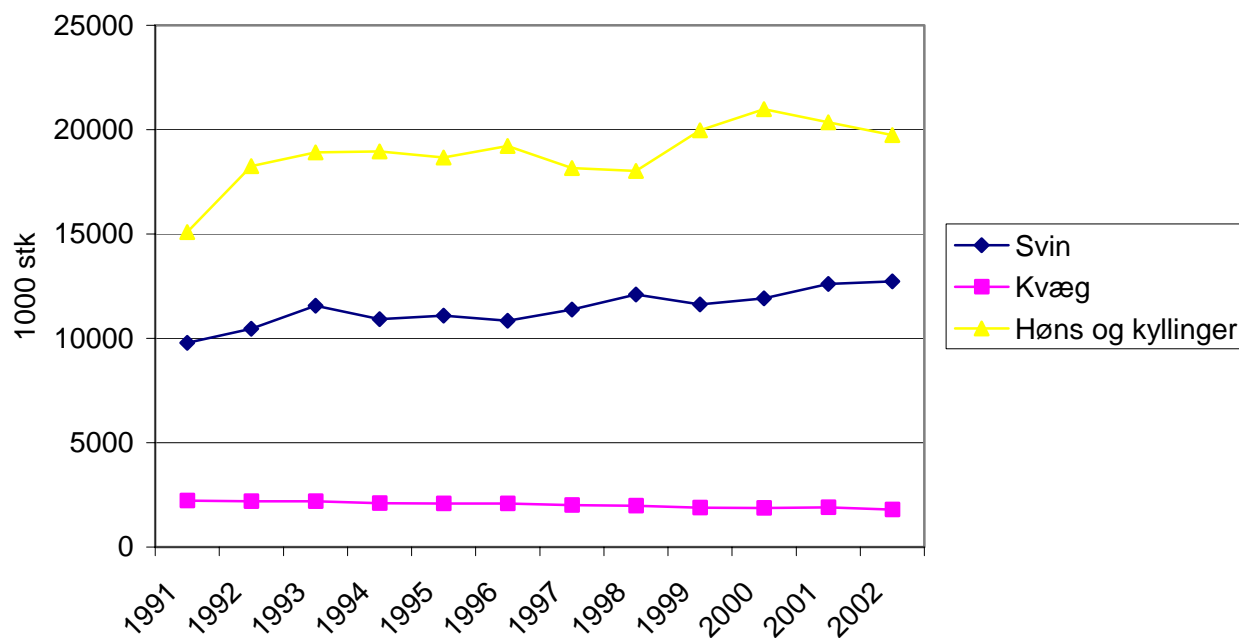
Fremtidsvisionerne formes således i en iterativ proces, hvor et panel bestående af eksperter og nøgleaktører hele tiden bedømmer resultatet.

Alle deltagerne har derfor ved flere workshops og også ved det materiale, der sendes ud mellem workshoppene fået lejlighed til at kommentere både overordnet og i detaljer. Metoden er forskellig fra gængse forskningsmetoder, men har vist sig meget effektiv i fremsynsprocesser.

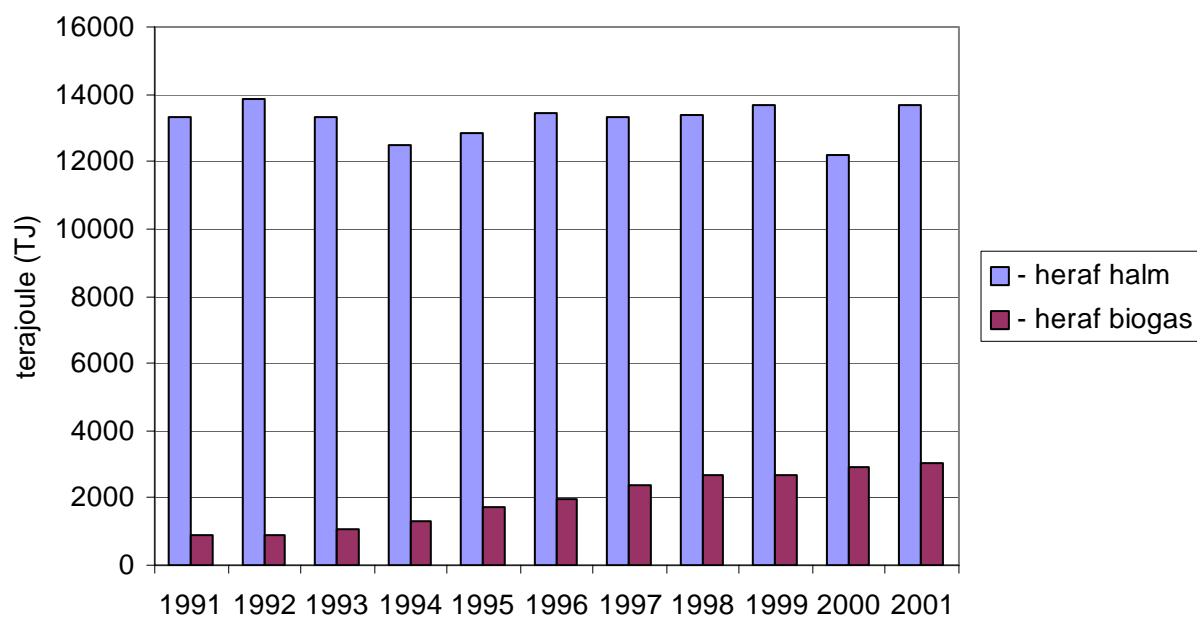
Appendiks 2: Udvalgte nøgletal for Landbruget



FIGUR 1 Antallet af økologiske bedrifter og bedrifter med over 100 ha



FIGUR 2 Husdyrbestanden



FIGUR 3 **Produktion af energi (TJ) fra halm og biogas**

Tabel 1 Landbrugsareal og bedrifter

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Ændring 1991-2001%
Landbrugsarealet, 1000 ha	2770	2756	2739	2691	2726	2716	2688	2671	2644	2646	2676	2666	-3
Antal bedrifter	77197	74460	73784	69346	68771	64426	63151	59761	57831	54541	53489	50531	-31
Antal økologiske bedrifter	672	675	640	677	1050	1166	1617	2228	3099	3466	3532	3714	426
Antal bedrifter med >100 ha	3887	4148	4305	4642	4997	5274	5575	5917	6158	6711	7001	7624	80
Gns. landbrugsareal, ha	35,9	37,0	37,1	38,8	39,6	42,2	42,6	44,7	45,7	48,5	50,0	52,7	39
<i>Husdyrbestanden</i>	----- 1000 stk -----												
Svin	9783	10455	11568	10923	11084	10842	11383	12095	11626	11922	12608	12735	33
Kvæg	2222	2190	2195	2105	2090	2093	2004	1977	1887	1868	1907	1796	-15
Høns og kyllinger	15086	18259	18916	18954	18673	19224	18156	18023	19968	20982	20347	19734	31

Kilde: Danmarks Statistik (flere årgange)

Tabel 2 Energiproduktion, forbrug i landbruget

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Ændring 1991-2001%
	----- TJ -----											
<i>Produktion af vedvarende energi 1)</i>	55276	58680	61672	61504	64755	69628	73783	78736	82667	88474	94004	70
- heraf halm	13306	13880	13303	12512	12824	13415	13350	13359	13663	12220	13698	3
- heraf biogas	910	899	1077	1279	1754	1990	2394	2670	2656	2912	3047	235
						1990-94	1997	1998	1999	2000	2001	Ændring, 1990-94-2001 %
<i>Bruttoenergiforbruget</i>						----- TJ -----						
Primær jordbrug, inkl. gartneri						45969	47869	46460	43772	43617	45898	-0,2
Forarbejdningsevirkomheder						29575	29474	30045	29166	27624	26541	-10,3
Jordbrugssektoren, i alt						75544	77343	76505	72938	71241	72439	-4,1

Kilde: Danmarks Statistik (flere årgange) Landbrugsstatistik og Miljøstatistik og Dansk Landbrug 2003

Note: 1 terajoule (TJ) 10¹² joule, svarer til ca. 25 tons olie, 40 tons kul eller 65-70 ton halm.

1) Skift i opgørelsesmetode fra 1993-94

Tabel 3 Pesticidforbrug i landbruget

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Ændring 1992-2002 %
I alt forbrug af virksomme stoffer i bekæmpelsesmidler, tons	4566	4103	3919	4809	3699	3675	3619	2874	2841	3083	2868	-37,2

Ukrudtsbekæmpelse	2824	2632	2685	3281	2915	2726	2619	1892	1982	2164	2105	-25,5
Vækstregulatorer	281	331	247	310	87	104	175	221	204	309	146	48,0
Svampebekæmpelse	1333	1033	892	1055	631	794	770	715	614	561	574	-56,9
Insektbekæmpelse	128	107	95	163	36	51	55	46	41	49	43	-66,4
Behandlingshyppighed 1)	2,73	2,57	2,51	3,49	1,92	2,63	2,40	2,45	2,07	2,19	2,10	-23,1

Kilde: Danmarks Statistik (flere årgange) Landbrugsstatistik og Miljøstatistik

1): Behandlingshyppighed udtrykker det antal gange det er muligt at pesticidbehandle det samlede areal, hvis standarddosering anvendes.

Tabel 4 Landbrugets produktionsværdi

Mia. kr.	1998	1999	2000	2001	2002*
Landbruget ¹⁾	49,6	47,7	52,3	56,4	50,8
Gartneri	4,0	4,2	4,5	4,4	4,5
Økologisk ²⁾	1,8	2,3	2,5	2,4	2,3

Kilde: Fødevareøkonomisk institut, rapport 153 og 162 samt beregninger af H. Porskrog, FØI 2004.

* skøn

1) Omfatter det egentlige landbrug samt pelsdyravl, jagt og biavl, men ikke gartneri

2) Omfatter både landbrug og gartneri

Tabel 5 Udledning og forsyning af næringsstoffer

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Ændring 1991-2001%
<i>Udledning af kvælstof og fosfor fra Danmark til havet, tons</i>	----- Tons -----											
I alt kvælstof	92000	104300	107900	128400	92800	48000	49800	100600	101200	83100	72800	-20,9
Gennem vandløb	78500	91800	98200	119100	84400	42500	45400	96500	97700	79900	69600	-11,3
Spildevand, direkte	13500	12500	9700	9300	8400	5500	4400	4100	3500	3200	3200	-76,3
I alt fosfor	4830	4010	3620	4490	3320	1970	1820	2600	3030	2520	2340	-51,6
Gennem vandløb	2330	1960	2040	2960	2190	1230	1220	2090	2590	2130	1950	-16,3
Spildevand, direkte	2500	2050	1580	1530	1130	740	600	510	440	390	390	-84,4
	----- index 1990 = 100 -----											
Nitrat i drikkevand	110	130	120	130	120	110	110	90	100	90	60	
<i>Forsyning af rene næringsstoffer, kg/ha</i>												
Handelsgødning	----- Kg/ha -----											
N	142	133	121	119	117	107	106	105	98	95	88	-44
P	14	12	10	9	8	8	9	8	8	7	6	-57
K	45	40	33	32	31	30	32	32	30	27	25	-47
Husdyrgødning	----- Kg/ha -----											
N	106	109	112	113	110	100	101	104	101	100	102	-4
P	17	18	18	18	18	20	20	20	21	20	21	24
K	65	66	68	67	66	62	62	63	62	61	62	-5

Kilde: Danmarks Statistik, statistisk tiårsoversigt og Landbrugsstatistik (flere årgange)

Tabel 6 Eksporten af danske landbrugsvarer, mio. kr.

	1990	1996	2001	Ændring 1990-2001 %
	----- mio kr. -----			
Husdyrprodukter, i alt	35.477	40.745	49.373	39
Heraf: Svinekød	13.209	16.308	23.385	77
Ost	5.746	6.463	7.476	30
Kødkonserver	4.700	4.020	3.727	-21
Mink- og ræveskind	1.651	2.774	3.211	94
Okse- og kalvekød	2.828	2.476	1.817	-36
Æg- og fjerkræ	945	1.360	1.769	87
Planteprodukter, i alt	10.885	9.482	10.298	-5
Heraf korn	4.666	2.418	2.027	-57
Samlet landbrugseksport	46.362	50.227	59.671	29

Kilde: Landbrugsrådet, tal om landbruget 2002

Tabel 7 Landbrug i Danmark og EU, 2001

	EU-15	Danmark	% af EU
<i>Landbrugsareal, ha</i>	126.797	2.647	2,1
<i>Planteproduktion</i>	----- 1000 tons -----		
Korn	202.425	9.358	4,6
Kartofler	45.723	1.600	3,5
Sukkerroer	104.014	3.100	3,0
Raps	9.033	350	3,9
<i>Animalske produkter</i>			
Okse- og kalvekød	7.264	153	2,1
Svinekød	17.528	1.714	9,8
Fjerkrækød	8.852	200	2,3
Mælk	114.841	4.418	3,8

Kilde: Danmarks Statistik, Landbrugsstatistik og Landbrugsrådet, tal om landbrug